VISIT…

А. Р. САФАРЯНЦ

Экз. №

ТЕХНОЛОГИЯ ПАТРОННО-ГИЛЬЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие для техникумов

1975

УДК 623.45.002.2

В книге с логической маршрутной последовательностью рассмотрены все основные операции патронно-гильзового производства. Приведены типовые технологические процессы; описаны основные применяемые материалы, виды технологических смазок, структура технологической документации, процессы укупорки, комплектации и сдачи продукции представителю заказчика. Изложены методы необходимых расчетов, контроля патронов и их элементов, испытания орудийных гильз. Во введении проанализированы особенности, исторический путь развития и современное состояние патронно-гильзового производства.

Книга охватывает все узловые вопросы программы курса «Технология производства изделий» для учащихся техникумов по специальности 0593 и является учебным пособием. Она может быть полезной также работникам промышленных предприятий отрасли.

А. Р. Сафарянц

ТЕХНОЛОГИЯ ПАТРОННО-ГИЛЬЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Редактор *Ю. Е. Полетаев.* Технический редактор *В. С. Сионская*

Сдано в набор 1.7.74. Подписано в печать 3.2.75. Формат 60×90/16.
Объем 13 печ. л. Уч.-изд. л. 13,5 л. Работа 7976. Заказ 411/304.

© ЦНИИ информации, 1975 г.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с широким развитием металлургии, машиностроения и металлообработки к 60-м годам XIX в. сложились благоприятные материальные условия для производства и применения металлических патронов. Находившиеся на вооружении патроны с бумажной гильзой не требовали высокой точности изготовления, были дешевыми и могли изготовляться в войсках. Однако введение металлических капсюлей и повышение скорострельности оружия сделали невозможным дальнейшее использование бумажных патронов.

Усиленная разработка металлических и полуметаллических патронов в России началась с 1864 г. в Охтинском капсюльном заведении под руководством полковника Ракус-Сущевского и поручика Патцевича. В это время в Бельгии только начали проводить опыты с патронами кругового огня, а в Англии занимались полуметаллическими патронами, так как изготовление металлических патронов встретило большие затруднения.

В 1866 г. в Охтинском капсюльном заведении были установлены первые станки для изготовления металлических патронов. Параллельно с разработкой патрона Ракус-Сущевский и Патцевич провели большую работу по организации производства металлических патронов в России: подобрали состав латуни для гильз, нашли новый, более надежный, чем в американских патронах, ударный состав и разработали технологический процесс производства патронов.

На Охтинском пороховом заводе в 1868 г. полковник Горлов и капитан Гуниус создали наиболее совершенный по тому времени металлический унитарный патрон центрального боя. Первая партия таких патронов в количестве 7,5 млн. штук была заказана в Америке.

С 1 января 1869 г. начала производить патроны организованная в Петербурге патронная мастерская. Впоследствии она слилась с патронным заводом, к строительству которого приступили в Петербурге в мае 1869 г. Этот один из лучших в Европе первый русский патронный завод был оборудован по последнему слову техники. За короткое время для него были подготовлены квалифицированные кадры рабочих, мастеров и другого технического

персонала. Завод выпускал патроны высокого качества и до конца 1871 г. изготовил около 214 млн. штук.

Освоение в России производства латуни относится к 1870 г., причем отечественная латунь оказалась более высокого качества, чем заграничная.

Сравнительно быстрая и успешная организация производства патронов явилась большой победой русских оружейников и показала высокий уровень оружейной культуры и мастерства в России.

В 1880 г. был создан Тульский частный патронный завод, в дальнейшем (в 1884 г.) разделенный на два завода. Принятие на вооружение 7,62-*мм* винтовки образца 1891 г. конструкции С. И. Мосина и патронов к ней потребовало расширения и технического переоборудования старых военных заводов и строительства новых. В 1895 г. был построен Луганский патронный завод. Для перевооружения армии к концу 1896 г. Петербургский казенный и Тульский частный патронные заводы поставили миллиард трехлинейных патронов, из них 628 млн. — Петербургский завод, который в 1916 г. перевели в Симбирск.

После Великой Октябрьской социалистической революции были расширены старые и созданы новые заводы боеприпасов с отработанными технологическими процессами производства гильз орудийных систем и патронов для стрелкового и автоматического оружия. Все же до Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. производство боеприпасов у нас было развито недостаточно. Это объясняется их недооценкой, а также трудностями проектирования и научной разработки конструкций и процессов изготовления элементов боеприпасов. В период войны этот недостаток был устранен. В послевоенный период, наряду с созданием новых типов боеприпасов, проводятся работы по теории проектирования и улучшения боевого действия боеприпасов, по рационализации методов их производства, интенсификации технологических процессов.

Боеприпасы — предмет наиболее массового расхода и производства, особенно в военное время, когда экономика страны и так напряжена. К тому же только незначительная часть орудийных гильз идет на переснаряжение, все остальное расходуется безвозвратно. Расход боеприпасов в войнах характерен следующим количеством артиллерийских выстрелов:

1870—1871 гг., Германия — 650 тыс;

1904—1905 гг., Россия — 900 тыс;

1914—1918 гг., Германия — 274 млн. (в том числе изготовленных до войны — мобилизационный запас — лишь 7,5 млн.), Россия — 50 млн, Австро-Венгрия — 70 млн, Франция — 200 млн, Англия — 170 млн. Всего в мировую войну было израсходовано более 1 млрд. выстрелов на сумму 50 млрд. руб. золотом.

За время второй мировой войны в США изготовлено 331 млн. выстрелов. В СССР только за 1944 г. произведено 240 млн. выст-

релов, а всего за период Великой Отечественной войны в СССР было изготовлено 775,6 млн. снарядов и мин. Это в 14 с лишним раз больше объема производства снарядов в России за период первой мировой войны.

Современная война требует астрономического количества патронов стрелкового оружия. Так, например, 50 самолетов в одну минуту расходуют до 300 тыс. патронов. Такого количества патронов не могла израсходовать наполеоновская дивизия в 10 тыс. человек за день Бородинского боя. Согласно статистическим данным только в 1944 г. в СССР было произведено 7,4 млрд. патронов стрелкового оружия. Современное стрелковое отделение в минуту расходует свыше 10 тыс. патронов.

Отсюда следует, что производство боеприпасов должно быть максимально дешевым и простым, основанным на высокой производительности оборудования. Массовый тип производства — единственно рациональная форма организации изготовления боеприпасов и их элементов. Эта форма позволяет внедрять прогрессивные технологические процессы, высокопроизводительные методы обработки, наиболее совершенное оборудование и применять комплексно-автоматизированный процесс производства с автоматизацией транспортировки изделий вдоль потока, загрузки оборудования, контроля качества продукции и всего производственного цикла. Научная организация такого производства дополнительно позволяет резко повысить производительность труда и машин, уменьшить оборотные средства, сократить производственные площади, высвободить часть рабочих и освободить других от тяжелого физического труда, снизить себестоимость продукции и процент брака.

Производство боеприпасов стрелкового оружия и орудийных гильз для автоматического оружия — отрасль, наиболее подготовленная для внедрения комплексной автоматизации. Последние исследования показали, что в недалеком будущем весь цикл производства патронов стрелкового оружия будет полностью автоматизирован.

Для широкого применения в патронно-гильзовом производстве (ПГП) передовых методов обработки металлов давлением требуется детальное изучение технологического процесса с использованием этих методов и наблюдение как за работой каждого инструмента, так и за осуществлением всего процесса.

Полностью проконтролировать качество каждого изделия ПГП невозможно, потому как в процессе проверки действия изделия (при выстреле) оно либо уничтожается (патрон), либо подвергается значительному изменению (гильза). Поэтому о качестве партии изделий судят по результатам испытаний нескольких ее представителей. Большое затруднение также создает необратимость испытания патронов, невозможность восстановить дефектный боеприпас и изучить причины появления отказа.

Все изложенное свидетельствует о сложности технологического роцесса изготовления патронов и гильз, о необходимости строайшего его соблюдения, непрерывного контроля за состоянием нструмента, оборудования и за выполнением режимов; о высокой тветственности цеховых работников и работников ОТК за выпуск ысококачественных, безотказных боеприпасов; о необходимости оздания системы автоматического управления качеством потока родукции. Условия для такого управления заложены в автоматических роторных линиях.

Цели настоящего курса:

1. Изучить технологические процессы ПГП.
2. Проанализировать отдельные технологические операции, а также методы и организацию контроля.
3. Изучить методику расчета инструмента и процессов ПГП.

Глава I

ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПАТРОНА

Объектами ПГП являются:

— гильзы цельнотянутые стрелкового оружия, орудийные и охотничьи, сборные орудийные и охотничьи, а также цельнотянутые гильзы спортивных, строительно-монтажных и пиротехнических патронов;

— пули обыкновенные и специального действия, состоящие из пульной оболочки, свинцового или стального сердечника, рубашки, стаканчика и из других элементов;

— монтаж патронов стрелкового оружия и автоматических артиллерийских систем.

Из металлических элементов патрона (гильза, капсюль, пульная оболочка, сердечник и некоторые другие элементы специальных пуль) наиболее сложными и трудоемкими в изготовлении являются гильза и пульная оболочка. Число и последовательность операций в конкретных технологических процессах зависят от формы и размеров изготовляемого элемента патрона, свойств и размеров исходного материала, геометрии рабочего инструмента, типа и мощности оборудования.

Процесс производства цельнотянутых орудийных гильз составляют три технологические группы операций:

— прессовая обработка, включающая термохимические операции;

— механическая обработка резанием;

— антикоррозионные покрытия.

Различают восемь методов изготовления гильз:

— из кружка-заготовки путем свертывания его в колпак и последующих вытяжек с промежуточными отжигами (метод устарел). Во время свертывания кружка в материале заготовки возникает деформация критической степени, что приводит к образованию крупного зерна при отжиге и снижению механических свойств материала в нижних поясах корпуса гильзы;

— из кружка с введением дополнительных операций конической осадки колпака после свертывания перед отжигом (для

ликвидации зоны деформации критической степени) и штамповки полуфабрикатов предпоследней вытяжки после отжига. Штамповка осуществляется с целью получения более высоких механических свойств материала в нижних частях корпуса гильзы. Это современный способ производства орудийных гильз;

— с применением ударного выдавливания из свернутого колпака, что исключает ряд вытяжных, термических и химических операций. Метод требует мощного оборудования и тщательного наблюдения за качеством полуфабрикатов;

— из квадратной заготовки со скруглением углов квадрата и выдавливанием чашечки-колпака;

— из колпака, высаженного из прутка. При этом методе, по сравнению с другими, значительно снижается доля стоимости исходного материала в общей себестоимости гильзы;

— из кружка с предварительной подштамповкой. Применяется при изготовлении толстодонных гильз;

— из литого кружка или колпака на основе метода горячей штамповки жидких сплавов;

— последовательными вытяжками из горячештампованного колпака. При этом методе, во избежании разностенности, необходима расточка колпака. Процент брака по качеству поверхности велик. Применялся в военное время.

В технологических процессах производства гильз стрелкового оружия и пульных оболочек используются четыре вида заготовок: кружок, квадрат или шестигранник, кружок с подштамповкой, часть прутка.

§ 1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОРУДИЙНЫХ ГИЛЬЗ

Типовой технологический процесс изготовления стальной орудийной гильзы среднего калибра имеет следующую структуру:

вырубка кружка-заготовки на кривошипном прессе, оснащенном валковой подачей полосы;

органическое и химическое обезжиривание, травление в растворе серной кислоты, фосфатирование, промывки;

свертывание кружка в колпак на кривошипном прессе, оснащенном шиберной подачей;

коническая осадка колпака на кривошипно-коленном прессе с поворотным кругом;

отжиг колпака в проходной печи;

травление, фосфатирование, промывка;

первая, вторая, третья вытяжки на кривошипных прессах с последующими отжигами, травлением, фосфатированием и промывкой полуфабрикатов;

четвертая вытяжка полуфабриката с его обкусыванием по длине;

травление, промывка полуфабриката;

подштамповка на кривошипно-коленном прессе;

низкотемпературный отпуск (НТО);
травление, фосфатирование, промывка;
пятая вытяжка;
обрезка полуфабриката;
протирка внутренней поверхности дна;
первое прессование дна на кривошипно-коленном прессе;
второе прессование дна;
низкотемпературный отпуск;
травление, фосфатирование, промывка;
первый и второй обжимы дульца;
приемочный контроль перед механической обработкой;
обточка фланца и корпуса под ним;
проточка полотна;
сверление запального отверстия и обработка очка;
шарошение соска гильзы;
нарезание резьбы в очке;
подрезка дульца;
расточка дульца;
раздача дульца;
приемочный контроль перед антикоррозионными покрытиями;
антикоррозионные покрытия (цинкование, фосфатирование, лакирование);
приемочный контроль;
комплектация групп и сдача гильз заказчику.

Технологический процесс изготовления латунной орудийной гильзы отличается от изложенного процесса следующим:

— отсутствует фосфатирование между вытяжками и перед обжимом; после отжигов производится травление и промывка;

— отсутствует протирка дна перед прессовкой;

— не проводятся НТО перед последней (пятой) вытяжкой и обжимами;

— обжимы дульца сопровождаются отжигами его;

— НТО всей гильзы проводится после механической обработки;

— вместо цинкования и фосфатирования готовые гильзы подвергаются пассивированию;

— для гильз из латуни Л70 вводится пескоструйная обработка дна после НТО.

Для изготовления гильз калибра до 100 *мм* возможно использование прутковой заготовки вместо кружка. При этом выход годного металла возрастает до 90% (в случае применения заготовки-кружка — 60÷65%), и начальная часть технологического процесса будет состоять из следующих операций:

резка прутка на профильных ножах;

травление, фосфатирование, промывка заготовок;

калибровка заготовок на кривошипном прессе;

нагрев токами высокой частоты и закалка в холодной воде для получения мелкозернистой структуры;

высокотемпературный отпуск;
травление, фосфатирование, промывка;
получение колпака обратным выдавливанием.

Последующие операции выполняются по типовому технологическому процессу.

§ 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГИЛЬЗ ПАТРОНОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Производство гильз патронов стрелкового оружия и авиационных пушек в настоящее время в основном осуществляется на высокопроизводительных автоматических роторных линиях, которые позволяют комплексно автоматизировать весь процесс изготовления гильз. При этом прессовое оборудование используется, главным образом, на этапе получения заготовок.

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ГИЛЬЗЫ КАЛИБРА 7,62 мм

1. Получение заготовки: вырубка-свертывание колпака на кривошипном прессе двойного действия (возможен вариант — вырубка кружка и свертывание колпака); отжиг колпака в проходной печи; травление, промывка, сушка.

2. Операции, выполняемые на первой прессовой термохимической роторной линии: первая и вторая вытяжки; обрезка после второй вытяжки; отжиг в индукторе ТВЧ; травление; промывка.

3. Операции, выполняемые на второй прессовой термохимической роторной линии: третья и четвертая вытяжки; обрезка после четвертой вытяжки; обезжиривание; промывка.

4. Операции, выполняемые на третьей прессовой термохимической роторной линии: первая и вторая штамповки дна; контроль; пробивка затравочных отверстий; фотоконтроль; обезжиривание; промывка; сушка.

5. Операции, выполняемые на четвертой прессовой термохимической роторной линии: отжиг дульца (ТВЧ); травление; промывка; обжим дульца; обезжиривание; промывка.

6. Операции, выполняемые на роторной линии механической обработки: обточка фланца и подрезка дульца; контроль.

7. Операции, выполняемые на термохимической роторной линии: травление; промывка; обезжиривание; промывка; пассивирование (фосфатирование) проточки; промывка; сушка.

8. Операции, выполняемые на роторной линии лакировки: лакировка; сушка (ТВЧ); осмотр.

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНОЙ АВИАЦИОННОЙ ГИЛЬЗЫ КАЛИБРА 23 мм

1. Получение заготовки: вырубка квадрата; выдавливание и отжиг чашечки; травление, промывка, фосфатирование, промывка и омыление.

2. Первая прессовая термохимическая роторная линия: первая вытяжка; отжиг (ТВЧ); охлаждение; травление, промывка, фосфатирование, промывка и омыление.

3. Вторая прессовая термохимическая роторная линия: вторая вытяжка; обрезка; отжиг; охлаждение; травление, промывка, фосфатирование, промывка и омыление.

4. Третья прессовая термохимическая роторная линия: третья вытяжка; обрезка; прессовка дна; контроль капсюльного гнезда; обезжиривание; промывка содовым раствором; сушка.

5. Четвертая прессовая термохимическая роторная линия: отжиг дульца; охлаждение; травление, промывка, фосфатирование, промывка; конусование и обжим дульца.

6. Роторная линия механической обработки: проточка фланца; контроль диаметра проточки; обрезка гильзы по длине; контроль длины гильзы и высоты фланца; сверление затравочных отверстий; шарошение и снятие фаски.

7. Роторная линия контроля: высоты фланца и длины гильзы; диаметра проточки и глубины капсюльного гнезда; по каморе; высоты наковаленки; диаметров фланца и капсюльного гнезда; толщины стенки дульца; концентричности капсюльного гнезда.

8. Роторная линия антикоррозионных покрытий: травление; промывка; обезжиривание; промывка; протирка капроновой щеткой; фосфатирование; промывка; сушка.

9. Роторная линия лакировки гильзы: лакировка; сушка; осмотр.

§ 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПУЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК

Пульные оболочки изготовляются как с помощью раздельного оборудования (прессы, печи, травильные агрегаты, станки обрезки, контрольные автоматы), так и на автоматических роторных линиях. Отдельные элементы пуль (сердечники, рубашки, стаканчики и др.) производят на роторных линиях по аналогичным технологическим процессам.

Маршрутная схема технологического процесса изготовления биметаллической пульной оболочки калибра 7,62 *мм* следующая:

вырубка-свертывание колпака;
отжиг колпака;
травление, промывка, омыление, сушка;
первая, вторая и третья вытяжки;
обезжиривание, промывка, сушка;
первый, второй и третий обжимы;
обезжиривание, промывка, протирка;
обрезка оболочки;
протирка;
контроль.

§ 4. МОНТАЖ И СНАРЯЖЕНИЕ ПАТРОНОВ

Технологический процесс монтажа и снаряжения патрона обеспечивает соединение всех его элементов в единое целое с гарантированными баллистическими качествами.

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОНТАЖА И СНАРЯЖЕНИЯ ПАТРОНА КАЛИБРА 7,62 мм

1. Монтаж гильзы:
осмотр, вставка и кернение капсюля.
2. Осмотр смонтированных гильз.
3. Снаряжение патрона:
навеска и насыпка заряда;
вставка и догонка пули.
4. Осмотр снаряженных патронов.
5. Обжим патронов.
6. Контроль патронов по каморе.

Монтаж и снаряжение патронов могут проводиться также на роторных линиях. В этом случае выполняются следующие операции.

1. На роторной линии капсюлирования гильз:
вставка и контроль высоты посадки капсюля;
контроль высоты наковаленки;
герметизация.
2. На роторной линии снаряжения патрона:
расправка дульца гильзы;
дозировка, насыпка и контроль наличия заряда;
лакировка;
сушка;
вставка и догонка пули;
обжим патрона;
контроль по каморам 1 и 2;
взвешивание;
осмотр.

Глава II

МАТЕРИАЛЫ, ИНСТРУМЕНТ И ДОКУМЕНТАЦИЯ. РАСЧЕТ ЗАГОТОВОК

§ 1. МАТЕРИАЛЫ И КОНТРОЛЬ ИХ СОСТОЯНИЯ

К исходным материалам для производства патронов и гильз предъявляются три группы требований: технологические, эксплуатационные и экономические.

Технологические требования определяют:

— способность материала к глубокой вытяжке;

— наличие достаточной упругости и высокой прочности материала для предупреждения отрывов и других дефектов в процессе производства изделий;

— возможность несложной термической обработкой обеспечивать необходимые по ТУ механические качества изделий.

Эксплуатационные требования относятся главным образом к механическим свойствам материала. Гильзовый материал должен обладать:

— высокой пластичностью, с тем чтобы при выстреле гильза деформировалась и плотно прилегала к стенкам каморы оружия, не допуская прорывов газов в казенную часть; пластичность материала пульных оболочек обеспечивает их хорошую деформацию при движении пули по нарезам оружия;

— достаточной прочностью, позволяющей многократно использовать гильзы без повреждений; прочность материала пульных оболочек гарантирует отсутствие срыва пуль с нарезов;

— упругостью для нормального извлечения стреляной гильзы из каморы за счет образования конечного зазора в нижней части корпуса;

— способностью не терять механических свойств, полученных в процессе обработки, и не изменять их при длительном хранении;

— качеством хорошо противостоять действию коррозии и быть нейтральным по отношению к боевому заряду;

— наименьшим удельным весом, обеспечивающим увеличение боекомплекта.

В соответствии с экономическими требованиями материал должен быть дешевым, недефицитным и иметься в больших количествах внутри страны. Значительные расходы материала в ПГП не должны отражаться на других отраслях промышленности.

С учетом всех этих требований наиболее пригодными материалами для изготовления гильз оказались *гильзовая латунь марки Л70 и малоуглеродистая сталь марок Н18ЮА и П11* (табл. 1).

Таблица 1

Основные металлы ПГП и их заменители

Элементы патрона	Основной материал	Заменители
Гильза	Латунь; холоднокатаная малоуглеродистая сталь	Биметалл (холоднокатаная сталь, с двух сторон покрытая томпаком); горячекатаная малоуглеродистая сталь
Пульные оболочки	Биметалл	Холоднокатаная малоуглеродистая сталь с последующим латунированием или цинкованием
Сердечники обыкновенных пуль	Сплав свинца с сурьмой	Холоднотянутая малоуглеродистая сталь
Сердечники бронебойных пуль	Холоднотянутая углеродистая сталь У12А; металлокерамические сплавы	Холоднотянутые стали У12 и У12ХА
Рубашки для бронебойных пуль	Свинец	—

ГИЛЬЗОВАЯ ЛАТУНЬ

Латунь — сплав меди с цинком. В зависимости от содержания цинка различают: томпак, латунь и тугоплавкий латунный припой, имеющие в своем составе 10—18; 18—45 и более 45% цинка соответственно.

Механические свойства латуни зависят от содержания цинка (рис. 1). Стабильные механические свойства и высокую пластичность имеет латунь с содержанием цинка 28—32%. Для производства гильз необходимо иметь однофазный однородный сплав латуни, имеющий неизменные структуру и механические качества. Руководствуясь диаграммой состояния сплава медь — цинк (рис. 2), можно установить, что наиболее подходящей для этой цели является только α-латунь — однородный твердый раствор. Таким образом, исходя из механических качеств (пластичность,

прочность), однородности металла и условий работы при выстреле, для изготовления гильз наиболее целесообразно применять латунь с содержанием 28—32% цинка.

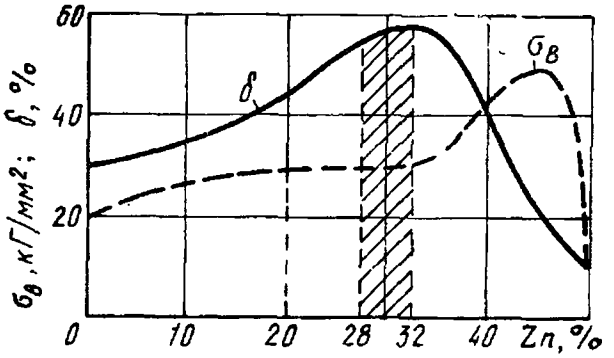

Рис. 1. Зависимость механических свойств латуни от содержания цинка: $\sigma_в$ — предел прочности; δ — относительное удлинение

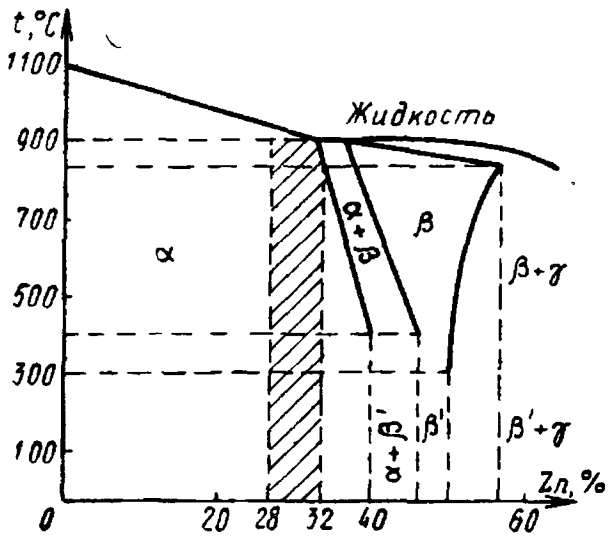

Рис. 2. Диаграмма состояния сплава медь — цинк

Таблица 2

Допустимый состав гильзовой и кремнистой латуни, %

Марка латуни	Cu	Zn	Ni (Si)	Fe	Pb	P	As	Sb, S, Bi	Sn
Л68	67—70	32—30	0,30	0,10	0,005	0,005	0,005	0,002**	—
Л70	71,0—72,5	29,0—27,5	—	0,10	0,01—0,03	0,002	0,002	0,002**	0,002
ЛК75-05	74—77	Остальное	0,45—0,75*	0,05	0,05	0,010	0,002	0,002**	0,002

* Содержание Si (Ni отсутствует).
** По 0,002% каждого из трех элементов (Sb, S, Bi).

В ПГП для орудийных гильз и гильз стрелкового оружия и авиапатронов применяют гильзовую латунь Л68, Л70, Л72 и кремнистую латунь ЛК75-05.

Помимо основных металлов, гильзовые латуни содержат вредные примеси (табл. 2):

висмут — придает латуни хрупкость в холодном и горячем состоянии;

сурьму — снижает пластичность в холодном состоянии;

железо — ухудшает пластичность и сообщает хрупкость, но содействует образованию мелкозернистой структуры;

свинец — снижает пластичность в горячем состоянии. При горячем прокате слитки латуни разрушаются, если содержание свинца более 0,04%;

серу — вызывает пузыристость латуни при отливке.

Механические свойства гильзовой латуни

Предел прочности $\sigma_в$, *кГ/мм²*	30—35
Относительное удлинение δ, %	$\geqslant 5$
Твердость НВ при диаметре шарика 10 *мм* и нагрузке 1000 *кГ*	52—80
Модуль упругости *E*, *кГ/мм²*	11000—12000
Величина зерна, *мм²*	0,035—0,200 (желательно не более 0,150)

При величине зерна 0,2 *мм²* во время обработки получается шероховатая поверхность типа «апельсиновая корка». Меньшая величина зерна дает более высокие механические свойства металла.

Физические свойства латуни

Температура плавления $t_{пл}$, °С	до 950
Температура отжига $t_{отж}$, °С	580—720
Усадка, %	1,86
Удельный вес, *Г/см³*	до 8,6

Латунь на воздухе устойчивее меди. Она пластична, не растрескивается и не меняет механических свойств в холодной воде после нагрева. Серная и соляная кислоты на холоде реагируют с латунью незначительно, при нагреве — сильнее. Азотная кислота и щелочи, особенно аммиак, а также морская вода, латунь разъедают. В атмосфере аммиака деформированная латунь растрескивается.

Минеральные масла на латунь не действуют, растительные и животные жиры оказывают окисляющее действие.

КРЕМНИСТАЯ ЛАТУНЬ

Сильно деформированная гильзовая латунь обладает очень неприятным свойством — склонностью к самопроизвольному растрескиванию при длительном хранении. Это объясняется межкристаллической коррозией и особенно проявляется в присутствии аммиака. С целью ликвидации этого явления в технологический процесс изготовления латунных орудийных гильз вводят дополнительные операции пескоструйной обработки дна и низа корпуса, НТО для снятия вредных остаточных напряжений и пассивирования для предупреждения коррозии всей гильзы.

За последнее время, в целях предупреждения саморастрескивания гильз при хранении, в качестве материала для орудийных гильз применяют кремнистую латунь с содержанием Si около 0,5% (см. табл. 2). Эта латунь не требует введения пескоструйной обработки и НТО. Она обрабатывается не хуже обычной латуни, но в связи с повышенными усилиями вытяжки вызывает увеличенный износ инструмента. Поэтому переход на изготовление гильз из кремнистой латуни целесообразен в случае высоких давлений пороховых газов (более 4500 *атм*), во всех остальных случаях гильзы следует изготавливать из стали.

Недостатком кремнистой латуни по сравнению с обычной является также более сложная технология отливки. Быстрая и значительная усадка приводит к обширным раковинам в центральной части слитка и большой его рыхлости. Для обеспечения одинаковых условий кристаллизации и высокого качества отливаемого металла отливку производят в изложницы конической формы. В настоящее время разработан метод полунепрерывной разливки латуни из подогреваемого миксера в медленно опускающийся (8—12 *м/час*) кристаллизатор.

Сравнение свойств кремнистой и обычной гильзовой латуни

	ЛК75-05	Л72
Температура плавления, °С	948	935
Удельный вес, $Г/см^3$	8,54	8,50
Коэффициент трения:		
без смазки	0,2	0,2
с мыльным раствором	0,045	0,046
Предел прочности, $кГ/мм^2$:		
при наклепе	62	58
в отожженном состоянии	34,2	31,9
Относительное удлинение, %	7	6

ПРОИЗВОДСТВО ЛАТУНИ

Латунь получают путем плавки меди с цинком в индукционных электропечах (рис. 3) непосредственно на гильзовых заводах.

Состав шихты латуни: катодная медь марок М0 и М1; электролитический цинк марок Ц0 и Ц1; фосфористая медь марок

МФ1 и МФ2 и отходы латуни ПГП — тяжелые (высечка), легкие (кольца обрезки) и стружка после предварительной переплавки (лигатура).

Специальная инструкция определяет марку и состояние металла, применяемого в шихте. Перед загрузкой шихта проверяется на взрывобезопасность.

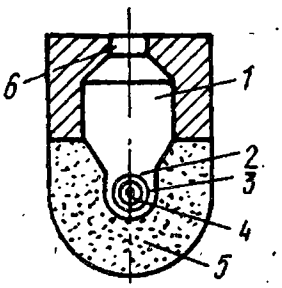

Рис. 3. Схема индукционной электропечи для плавки латуни:
1 — шахта; *2* — канал; *3* — катушка; *4* — сердечник; *5* — подовый камень; *6* — горловина

Последовательность загрузки составных частей шихты в печь следующая: отходы, катодная медь, фосфористая медь и цинк. Такой порядок загрузки обеспечивает меньший угар цинка. Фосфористая медь является раскислителем и улучшает жидкотекучесть сплава (заполнение формы). Наибольшее распространение имеют шихты № 30, 40 и 50, в которых цифры показывают процентное содержание чистых (свежих) металлов.

Загрузка частей шихты кремнистой латуни несколько отличается от обычной: отходы (половина навески); кремний кристаллический или кремнистая медь; медь (засыпается сухим углем, чтобы не было окисления); остальные отходы и цинк.

Если навеска содержит 70% меди, 30% цинка и весит 615 *кГ*, то примерный расчет шихты № 50 (0,5) следующий, *кГ*:

Свежие металлы (615×0,5)	307
Отходы (615—307)	308
Медь в навеске (615×0,7)	430
Медь в отходах (308×0,7)	220
Количество свежей меди (430—220)	210
Количество свежего цинка (307—210)	97

Наибольшее распространение имеют печи емкостью 300—800 *кГ*. Температура плавления шихты 960° С. Время плавления — около часа (кремнистой латуни 35—40 *мин*). О готовности сплава судят по колебаниям стрелки амперметра (сплав бурлит, и сопротивление меняется). Разливка идет при температуре 1120—1140° С (при кремнистой латуни 1150—1170° С). Во избежание размыкания электроцепи полностью выливать все содержимое печи нельзя. Разливка производится в металлические изложницы, охлаждаемые водой, поступающей под давлением 1,5—2,5 *атм*, в течение 1,0—1,5 *мин*. Циркуляционное охлаждение водой при температуре до 40° С обеспечивает кристаллизацию по всему объему слитка и создание в нем равномерной мелкозернистой структуры. Для отделения слитков (1650×600×100 *мм*) от изложниц стенки

последних смазывают раствором канифоли (40—43%), керосина (52—56%) и сажи (4—5%) или отработанным маслом, а нижний брус посыпают канифолью.

Отрезку прибыльной части и при необходимости разрезку слитка осуществляют дисковыми ножницами при скорости вращения 550 *об/мин* (выход годного металла 85—87%). Полученные болванки нагревают до 840—860°С (при кремнистой латуни до 850—900°С) в течение 75—90 *мин* и прокатывают (температура конца прокатки 650°С) на листы до толщины, обеспечивающей при холодном прокате деформацию не менее 30% по русской шкале с учетом припуска на шабровку. Затем листы разрезают на карты под холодный прокат. Карты подвергают рекристаллизационному

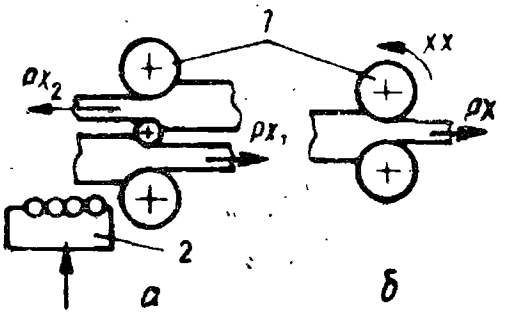

Рис. 4. Схема проката латуни на трио-стане (*а*) и дуо-стане (*б*): *1* — валки; *2* — рольганг; *РХ* — рабочий ход; *ХХ* — холостой ход; PX_1 — рабочий ход первого перехода, PX_2 — рабочий ход второго перехода

отжигу, травлению и шабровке на специальных шабровочных станках. Окончательная операция — холодный прокат на дуо- и трио-станах (рис. 4) для улучшения механических свойств и калибровки толщины. Из полученных карт, полос, лент вырубают заготовки.

Для повышения качества слитков латуни разработан непрерывный или полунепрерывный способ ее разливки с одновременной резкой на карты.

Возможные виды дефектов слитков и карт: пузыри, плены, волосовины, неметаллические включения.

БИМЕТАЛЛ

Томпак защищает сталь от коррозии и служит твердой смазкой при вытяжках. Толщина слоя томпака составляет 4—6% от толщины слоя малоуглеродистой холоднокатаной стали марок Н18ЮА или П11, которую он покрывает с обеих сторон. Покрытие осуществляют прокаткой в горячем состоянии или электролитическим способом на металлургических заводах. Наиболее распространен первый способ — плакирование, при котором листы стали обертывают томпаковыми листами, нагревают и прокатывают.

Готовые изделия из биметалла в местах оголения стали следует лакировать.

Химический состав томпака ЛТ90, %: Cu 89—91; Zn 11—9; примесей $\leqslant$ 0,5%.

Наивысшими пластическими свойствами обладает сталь со структурой мелкозернистого перлита, равномерно распределенного в феррите (рис. 5). Для получения такой структуры необходимо произвести нормализацию стали (охлаждение с повышенной скоростью). При медленном охлаждении по границам зерен может

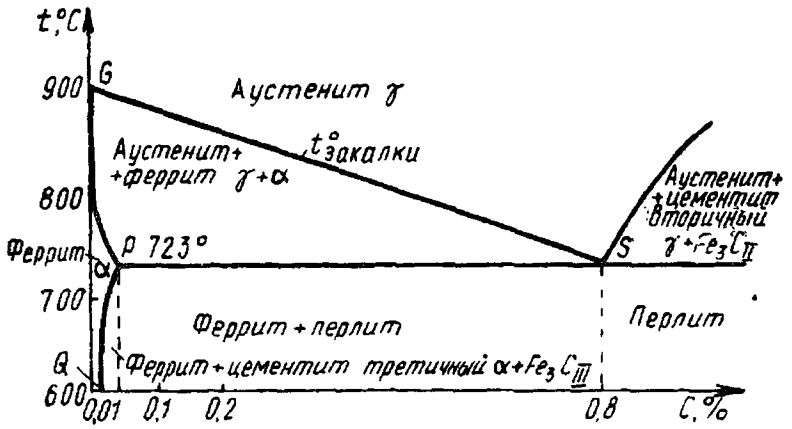

Рис. 5. Диаграмма состояния сплава железо—углерод

выделиться свободный цементит, вызывая хрупкость стали. Пластинчатый перлит в структуре гильзовой стали не допускается. Микроструктура должна быть 3 балла по шкале 3 (ГОСТ 5640—51). Все зерна должны быть однородны по величине и не более 0,03 *мм*². Неоднородность может привести к разрывам при вытяжке.

Некоторое увеличение количества углерода в стали (табл. 3) повышает упругие свойства готовых изделий, а гильзы стрелкового оружия делает близкими к латунным изделиям, однако высокое содержание углерода снижает пластичность стали (табл. 4), вследствие чего повышается усилие на прессовых операциях, увеличивается износ инструмента, расстраивается оборудование, возрастает число необходимых операций технологического процесса.

Различные примеси оказывают значительное влияние на свойства стали:

кремний — увеличивает твердость и снижает пластичность;

сера — нарушает связь зерен, сообщает красноломкость;

марганец — повышает твердость и временное сопротивление, но не снижает удлинения;

медь — сообщает большую жидкотекучесть;

хром — повышает жесткость и снижает пластичность;

фосфор — сообщает хрупкость и синеломкость.

Таблица 3

Химический состав сталей, применяемых в ПГП, %

Изделия	Марка стали	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Al	S	P
Гильзы патронов стрелкового оружия	Н18ЮА	0,12—0,20	0,35—0,60	0,08	0,15	0,30	0,2	0,02—0,07	0,040	0,035
Пульные оболочки	П11	0,11	0,35—0,60	0,08	0,15	0,30	0,2	—	0,040	0,035
Орудийные гильзы	ПГ25	0,18—0,25	0,35—0,60	0,15—0,25	0,20	0,30	0,2	—	0,035	0,035
	П11	0,08—0,13	0,25—0,50	⩽0,13	⩽0,15	⩽0,15	⩽0,2	0,02—0,07	⩽0,030	⩽0,025

Таблица 4

Характеристики сталей, применяемых в ПГП

Марка стали	Механические свойства			Физические свойства			
	Предел прочности, $кГ/мм^2$	Относительное удлинение, %	Твердость НВ при нагрузке 3000 $кГ$ и диаметрс шарика 10 *мм*	Температура плавления, °С	Температура отжига, °С	Температура закалки, °С	Удельный вес, $Г/см^3$
Н18ЮА	32—40	28—34	90—110	1530	620—700	—	7,85
П11 (пульная)	27—37	27	75—100	1530	620—700	—	
ПГ25	38—45	27	105—125	1500	650—750	—	
П11 (гильзовая)	37—42	⩾35	100—115	1530	600—700	950—970	

Применяемые для орудийных гильз стали не отвечают полностью требованиям, предъявляемым к гильзовому материалу. Так, сталь ПГ25 подвергается в процессе хранения старению, а у стали П11 при минусовых температурах (от 4 до —40°С) резко снижается ударная вязкость, в связи с чем при выстрелах возможны трещины гильз. Поэтому поиски других марок стали для гильз продолжаются и в настоящее время.

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

Выплавка и прокатка гильзовой стали и изготовление биметалла осуществляются на заводах Министерства черной металлургии. Гильзовую сталь получают основным мартеновским способом спокойной или кипящей плавки и подвергают холодному или горячему прокату. Такой процесс обеспечивает производство высококачественной и дешевой гильзовой стали.

На патронно-гильзовые заводы сталь доставляют по плавкам в виде полос необходимых размеров — для изделий мелких калибров и вырубленных заготовок — для крупных гильз (чтобы избежать повторных перевозок отходов).

Возможные дефекты гильзовой стали: надрывы кромки кружка, крупные и мелкие пятна, окалина, продольная зачистка, пятна от горячего проката и др.

СВИНЕЦ

Для изготовления рубашек пуль применяется свинец в чистом виде, для производства сердечников используется сплав свинца с сурьмой, придающей сердечникам значительную твердость.

Состав сплава, %: Pb 97,8—98,2; Sb 1,5—2,0; примеси 0,3.

Механические свойства сплава

Предел прочности, *кГ/мм²*	2,0—2,5
Относительное удлинение, %	45—50
Твердость НВ	6—7
Температура плавления, °С	325—327
Удельный вес, *Г/см³*	11,94

КОНТРОЛЬ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

В ПГП особое значение имеет контроль исходного материала. Металл, не соответствующий ТУ, ведет к браку, повышенному расходу инструмента и даже остановке производства вследствие засорения потока нестандартными изделиями.

По наружному виду и размерам материала проверяются:

— состояние поверхности, отсутствие раковин, расслоений, надрывов, царапин, нарушений слоя томпака. Царапины, особенно на гильзовом материале, могут привести к появлению при стрельбе трещин на готовых изделиях;

— толщина, ширина, серповидность полосы; диаметр и толщина кружка, правильность его вырубки.

Механические свойства и химический состав материала определяют его способность к вытяжке, а также качество готового изделия. Особенно важное значение они приобретают для материала стальных гильз.

Исходные материалы сильно влияют на механические свойства готовых изделий. Металлы с низкими механическими качествами в исходном состоянии дают выпады механических свойств готовых изделий за нижний предел, установленный ТУ. И наоборот, металлы с высокими механическими качествами и относительно большим содержанием некоторых химических элементов приводят к получению таких механических свойств готовых изделий, которые выше установленных ТУ. Кроме того, недостаточный предел прочности исходного материала ведет к низкой прочности полуфабрикатов, а завышенное содержание углерода и хрома увеличивает жесткость металла. Все это резко способствует росту числа обрывов на вытяжках.

По всем видам испытаний металл должен соответствовать ТУ на гильзовый материал.

Самый дешевый и быстрый, но слишком приближенный метод контроля — это испытание твердости. Повышенная твердость вызывает надрывы, малая — налипание металла на инстру-

мент и заусенцы. Испытание твердости производится на приборах Бринелля, Роквелла и др.

Для испытания на разрыв берутся плоские образцы специальной формы и на разрывных машинах определяются предел прочности и относительное удлинение. Пластичность металла можно установить, сравнивая разрыв между пределом текучести и прочности. Если разрыв мал, то пластичность низкая. Разбег механических свойств металла вдоль и поперек проката должен быть не более 5—6 *кГ/мм*^{2}.

Контроль химического состава исходного материала особенно влияет на качество готового изделия. Обязательной проверке подлежат содержание меди, железа, углерода, сурьмы и фосфора.

Для исследования структуры материала готовятся шлифы. Они проверяются на металлографическом микроскопе. Чем меньше величина зерна исходного материала, тем выше его механические свойства.

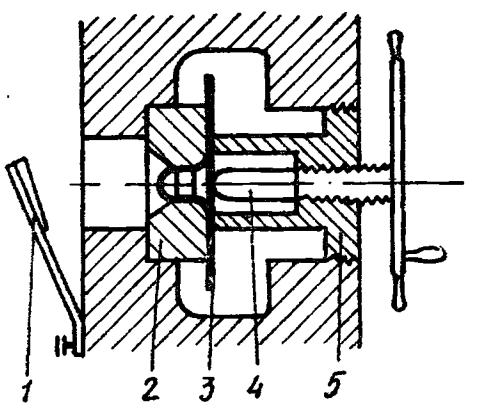

Рис. 6. Схема прибора для испытания металла на способность к вытяжке:
1 — зеркало; *2* — матрица; *3* — испытываемый материал; *4* — пуансон; *5* — упор

Испытание на способность к вытяжке обычно проводится на приборе Эриксена (рис. 6) для металлов толщиной до 2 *мм*. Испытание ведут до появления на дне вытягиваемого колпака трещин, видимых в зеркало, и уменьшения усилия выдавливания. О годности металла судят по высоте колпака (по таблице).

Технологическая проба — заключительный вид испытаний — осуществляется путем вырубки кружков и свертывания колпаков в производственных условиях. От партии металла отбирается установленное ТУ количество полос или кружков. Свернутые колпаки осматриваются, бракованные отделяются. Допустимый по ТУ процент брака:

для гильз патронов стрелкового оружия — 1;

для орудийных гильз — 5.

В случае брака, превышающего допустимый, отбирается удвоенное количество металла и производится повторное испытание. Партия металла, не выдержавшая повторного испытания, бракуется.

Для правильного заключения о возможности использования металла необходимо проводить все перечисленные виды испытаний. Годный металл снабжается сопроводительным документом —

карточкой-сертификатом, куда заносятся все данные испытаний. Паспорт на плавку гильзовой стали сопровождает ее до выпуска готовых изделий. Сертификат или паспорт подписывают главный инженер, главный металлург, начальник ОТК завода и представитель заказчика. Без сопроводительного документа металл в производство не допускается.

§ 2. РАСЧЕТ ГИЛЬЗОВЫХ ЗАГОТОВОК

Исходные заготовки для производства гильз получают из проката (лист, полоса, карта) и прутка. Из проката вырубают кружки или квадратные, прямоугольные, шестигранные заготовки, которые затем обжимаются и подштамповываются. Возможно применение прямого выдавливания — безотходного метода получения заготовок.

Использование квадратных, прямоугольных и шестигранных заготовок экономит материал при раскрое проката и вообще экономически выгодно, несмотря на то, что требует введения в технологический процесс дополнительных операций по скруглению или мощного оборудования и дорогого инструмента для прямого выдавливания. Поэтому все новые технологические процессы следует ориентировать на получение продукции из экономичных заготовок.

Структура заготовки должна обеспечивать требуемое качество готового изделия. Размеры заготовки рассчитывают, исходя из заданного объема технологических потерь и из условий получения необходимых размеров и механических качеств донной части.

РАСЧЕТ ГИЛЬЗОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ПРОКАТА

Существуют три способа расчета заготовки, основанных на равенстве:

— поверхностей заготовки и изделия. Применяется при вытяжке без утонения стенки;

— объемов заготовки и изделия. Применяется при вытяжке с утонением стенки, т. е. при увеличении поверхности изделия;

— весов заготовки и изделия.

В ПГП используется в основном второй способ.

При первом способе расчета (равенство поверхностей) по средней линии с использованием теоремы Гюльдена — Паппа «Поверхность тела вращения равна длине образующей, помноженной на длину пути ее центра тяжести» получим:

$$\frac{\pi D^2_{заг}}{4} = 2\pi \sum_{1}^{i} \rho_i l_i;$$

$$D_{заг} = \sqrt{8 \sum_{1}^{i} \rho_i l_i},$$

где l — длина образующей;

ρ — радиус центра тяжести.

При этом же способе расчета, но по средней линии для изделий любой формы, имеем:

$$\frac{\pi D^2_{заг}}{4} = M_1 + M_2 + M_3 + \ldots = \sum M;$$

$$D_{заг} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum M},$$

где M_1, M_2, M_3, ... — элементарные геометрические поверхности, из которых состоит изделие (с учетом отходов).

При втором способе расчета (равенство объемов) по чертежу изделия получим

$$V_{заг} = \frac{100 V_{изд}}{100 - \chi},$$

где $V_{изд}$ — объем изделия по чертежу;

χ — величина потерь (отходов), %. Для гильз стрелкового оружия $\chi = 15 \div 20\%$, для орудийных гильз $\chi = 15 \div 25\%$.

Если считать заготовку цилиндрической формы (кружок), то имеем:

$$V_{заг} = \frac{\pi D^2_{заг}}{4} T_{заг};$$

$$D_{заг} = 1{,}13 \sqrt{\frac{V_{заг}}{T_{заг}}},$$

где $T_{заг}$ — толщина заготовки.

РАСЧЕТ ГИЛЬЗОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ПРУТКА

Применение прутковой заготовки дает большую экономию металла. Кроме того, в стенках изделий из этих заготовок волокна расположены лучше, чем при заготовках из проката. Однако изготовление гильз крупных калибров из прутка требует больших усилий, и в таких гильзах волокна дна расположены хуже, чем в изделии из проката.

Для определения диаметра прутка и длины отрезаемой заготовки при высадке полых тел используют зависимости:

$$D_{пр} = (1{,}10 \div 1{,}15)\, d;$$

$$V_{заг} = \frac{100\, V_{изд}}{100 - \chi}; \qquad L_{заг} = \frac{V_{заг}}{0{,}785\, D^2_{пр}},$$

где d — наибольший диаметр изделия.
Для орудийных гильз $d = d_{кол}$.

РАСЧЕТ ГИЛЬЗОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ КВАДРАТА

При вырубке кружков до 30—33% металла идет в отход. При рубке из полосы квадратных заготовок отходы проката значительно уменьшаются и не превышают 2—4%. Для этого случая, используя метод равенства объемов, получим:

$$V_{заг} = \frac{100\, V_{изд}}{100 - \chi};$$

$$V_{заг} = F_{кв}\, T_{заг}; \qquad a = \sqrt{\frac{V_{заг}}{T_{заг}}},$$

где a — сторона квадрата.

Расчет заготовки необходимо производить с большой точностью, исходя из условий производства и ТУ на готовую продукцию с учетом допусков. При расчете возможны неточности в определении объемов. Это влечет за собой недостаток или избыток металла, т. е. увеличивает брак или отходы. И то и другое повышает себестоимость изделий.

Возможен неточный расчет толщины и диаметра заготовки при правильном определении объема. В этом случае уменьшение толщины вызывает недостаток металла в дне и избыток его в стенках, ухудшение механических свойств материала дна. Утолщение заготовки приводит к противоположному распределению металла между дном и стенками и, кроме того, затрудняет прессовку дна, увеличивает припуски под механическую обработку.

И та и другая погрешности ведут к браку изделия по размерам и несоблюдению механических свойств в донной части. Поэтому определение объема и правильное распределение металла в заготовке является ответственным моментом разработки технологического процесса.

Расчет размеров заготовки пульной оболочки, а также процесс ее получения аналогичны подобным операциям для гильзы.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ЗАГОТОВКИ

От правильного выбора толщины материала зависят: качество изготовленных изделий, длительность технологического процесса, форма, размеры и стойкость рабочего инструмента.

Достаточно точные результаты расчета толщины заготовки гильзы стрелкового оружия получим по формулам:

для гильз без шляпки

$$T = \left[t_n + \frac{h(D^2 - d^2_{кг})}{D^2} - h \frac{d^2_{кг}}{D^2} \right] \alpha$$

или

$$T \approx \left[t_n + h \left(1 - \frac{2d^2_{кг}}{D^2} \right) \right] \alpha;$$

для гильз со шляпкой

$$T = \left[t_n + h \frac{(D^2 - d^2_{кг})}{D^2} + h \frac{(D_1{}^2 - D^2)}{D_1{}^2} - h \frac{d^2_{кг}}{D^2} \right] \alpha$$

или

$$T = \left[t_n + 2h \left(1 - \frac{d^2_{кг}}{D^2} - \frac{D^2}{2D_1{}^2} \right) \right] \alpha,$$

где t_n — толщина перегородки гильзы, *мм*;
h, $d_{кг}$ — глубина и диаметр капсюльного гнезда, *мм*;
D, D_1 — диаметры корпуса гильзы у фланца и самого фланца (шляпки) соответственно, *мм*;
α — поправочный коэффициент, равный 0,75—0,92.

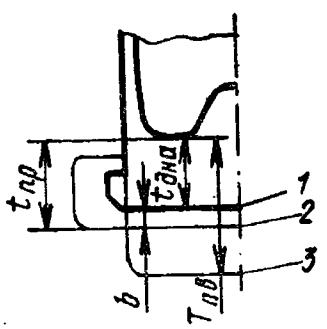

Рис. 7. Определение толщины заготовки орудийной гильзы: *1* — контур готового изделия; *2*, *3* — контуры полуфабрикатов прессовки и последней вытяжки соответственно

Определять толщину кружка для изготовления орудийной гильзы рекомендуют по зависимости (рис. 7)

$$T = (t_{дна} + b) \frac{100}{100 - p} + n3,$$

где $t_{дна}$ — толщина дна гильзы, *мм*;
b — толщина снимаемого слоя при токарной обработке, *мм*;

p — степень сжатия дна на прессовке, % (на одну прессовку рекомендуется $p = 20 \div 30\%$),

$$p = \frac{T_{пв} - t_{пр}}{T_{пв}} 100;$$

n — количество осадок дна;

β — сжатие дна при одной осадке, *мм*.

При технологических расчетах орудийных гильз правильнее пользоваться методом равенства объемов металла в дне готовой гильзы и в дне полуфабриката последней вытяжки (рис. 8, *а*). При этом имеем

$$V_{дна\ пв} = \frac{\pi d^2}{4} T_1,$$

где d, T_1 — диаметр и толщина дна полуфабриката последней вытяжки.

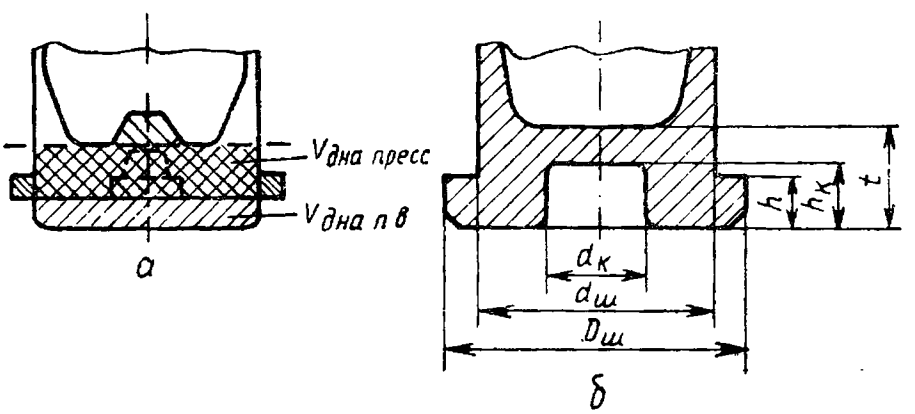

Рис. 8. Определение толщины заготовки методом равенства объемов металла:
а — общий случай; *б* — простейший случай

В первом приближении можно принять, что $T_1 = T_{заг}$. Тогда

$$V_{дна\ пв} = \frac{\pi d^2}{4} T_{заг}.$$

Если

$$V_{дна\ пв} = V_{дна\ г} = \frac{\pi d^2}{4} T_{заг},$$

то

$$T_{заг} = \frac{4 V_{дна\ г}}{\pi d^2}.$$

При наиболее простом случае (см. рис. 8, *б*) получим:

$$V_{\text{дна г}} = \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4} t + \left(\frac{\pi D_{\text{ш}}^2}{4} h - \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4} h \right) - \frac{\pi d_{\text{к}}^2}{4} h_{\text{к}} =$$

$$= \frac{\pi}{4} (d_{\text{ш}}^2 t + D_{\text{ш}}^2 h - d_{\text{ш}}^2 h - d_{\text{к}}^2 h_{\text{к}});$$

$$T = \frac{4}{\pi} \frac{V_{\text{дна г}}}{d^2} = \frac{d_{\text{ш}}^2 t + D_{\text{ш}}^2 h - d_{\text{ш}}^2 h - d_{\text{к}}^2 h_{\text{к}}}{d^2}.$$

Допуская, что диаметры полуфабриката последней вытяжки и гильзы у фланца равны ($d = d_{\text{ш}}$), обозначим:

$$\frac{d_{\text{к}}^2}{d_{\text{ш}}^2} = \frac{d_{\text{к}}^2}{d^2} = \delta; \qquad \frac{D_{\text{ш}}^2}{d_{\text{ш}}^2} = \frac{D_{\text{ш}}^2}{d^2} = k$$

и получим

$$T = t + kh - h - \delta h_{\text{к}} = t + h(k - 1) - \delta h_{\text{к}}.$$

В процессе вытяжки при оптимальных углах матрицы происходит утяжка металла из дна. Изменение условий обеспечивает накопление там металла и увеличение первоначальной толщины заготовки. Поэтому при определении толщины кружка вводят поправочный коэффициент u на изменение толщины дна

$$T = [t + h(k - 1) - \delta h_{\text{к}}] u.$$

Значение коэффициента u берется из графика (рис. 9). При вытяжке в зависимости от соотношения $\frac{T}{d_{\text{ш}}}$ наблюдается утяжка при малых отношениях толщины дна к диаметру под фланцем (главным образом для всех орудийных гильз) и накопление металла в дне для относительно толстодонных гильз. Определенное влияние оказывает также угол вытяжных матриц. С уменьшением этого угла металл в дне накапливается.

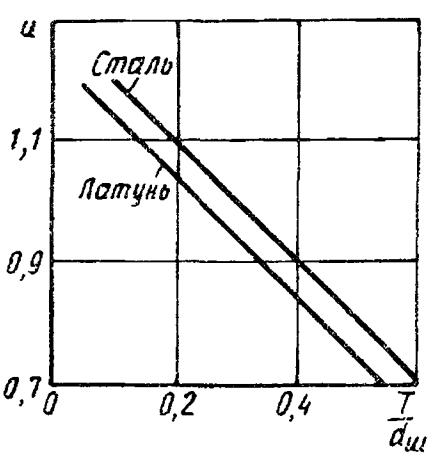

Рис. 9. График значений коэффициента утяжки u

Для гильз, донная часть которых обрабатывается резанием, при расчетах необходимо принимать равенство объемов дна после вытяжки и прессовки с учетом припусков на обработку. При этом утяжка металла из дна на вытяжках учитывается поправочным коэффициентом u:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{пв}} u.$$

Для латуни $u = 1{,}06 \div 1{,}11$; для стали $u = 1{,}03 \div 1{,}07$.

После определения толщины заготовки для орудийных гильз необходимо проверить, обеспечат ли полученные размеры механические качества дна после прессовки

$$K_1 = \frac{T_{пв} - t_{пр}}{T_{пв}}.$$

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ЗАГОТОВКИ

Существуют два графических метода:

1. Метод Пущина (рис. 10, *а*). Образующая корпуса гильзы продолжается до пересечения с полотном в точке *b*. Из центра закругления с радиусом *R* опускается перпендикуляр до пересечения с дном в точке *c*. Толщина заготовки определяется расстоянием от *b* до *c*

$$\overline{bc} = T_{заг}.$$

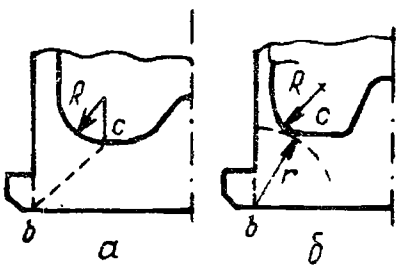

Рис. 10. Графическое определение толщины заготовки:
а — по Пущину; *б* — методом НИИ

2. Рекомендация научно-исследовательского института (см. рис. 10, *б*). Образующая корпуса также пересекается с полотном в точке *b*, и из этой точки радиусом *r* проводится дуга, касательная к внутренней поверхности дна с радиусом закругления *R*. Расстояние от точки касания дуги *c* до точки *b* составляет толщину заготовки

$$\overline{bc} = T_{заг}.$$

ТОЛЩИНА ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПУЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК И СТАКАНЧИКОВ

Толщина заготовки стаканчика специальной пули (без утонения стенки) определяется зависимостью

$$t_{заг} = t_н,$$

где $t_н$ — толщина стенки в носике пули.

Толщина заготовки тупоголовой пули (типа ТТ) подсчитывает-

ся, исходя из необходимой толщины изделия в носике, где происходит наибольшее утонение материала при вытяжке и обжимах,

$$t_{заг} = \frac{t_н}{u_у},$$

где $u_у = u_{выт} u_{обж}$ — поправочный коэффициент. В ПГП $u_{выт} = 0{,}93 \div 0{,}97$ и $u_{обж} = 0{,}85 \div 0{,}88$.

Толщина стенки носика $t_н$ остроконечной пули (типа винтовочной) зависит только от толщины заготовки

$$t_{заг} = \frac{t_н}{u_{выт}\, u_{обж}}.$$

По экспериментальным данным

$$t_{заг} = (1{,}20 \div 1{,}25)\, t_н \text{ и } t_{заг} = 2{,}5\, t_д,$$

где $t_д$ — толщина оживальной части оболочки.

§ 3. ШТАМПОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Рабочий инструмент в ПГП делится на штамповый и режущий.

Штамповый инструмент предназначен для получения исходной заготовки из полосового материала (вырубной инструмент), свертывания и вытяжки полуфабриката (вытяжной инструмент), штамповки дна гильзы (прессовый инструмент), обжима гильзы (обжимной инструмент) и выполнения других технологических операций обработки давлением.

Требования к инструменту:

— он должен обеспечить высокую точность и заданную форму заготовки и полуфабриката без дополнительной механической обработки;

— он должен обладать высокой стойкостью, обеспечивающей за один установ получение максимального количества заготовок с размерами в пределах допусков;

— конструкция его должна быть простой и дешевой с тем, чтобы можно было быстро организовать его производство в необходимом количестве.

Рабочий инструмент можно проектировать, когда известны:

— технолого-конструктивные расчеты основных элементов технологического процесса ПГП;

— чертеж детали, по которому уточняется технология, принимая во внимание допуски на изделие;

— характер производства (массовый, сверхмассовый, серийный и др.);

— парк наличного оборудования и его техническая характеристика;

— вид и сорт материала для инструмента и полуфабриката (полоса, пруток, кованые заготовки, литье и др.).

КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

В общем случае рабочий штамповый инструмент разделяют на палочный — пуансоны (рис. 11, *а*) и кольцевой — матрицы (см. рис. 11, *б*).

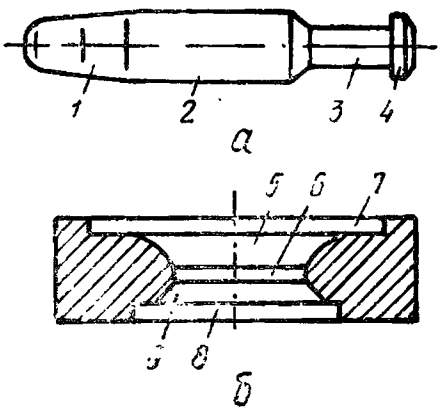

Рис. 11. Пуансон (*а*) и матрица (*б*) штампового инструмента:
1 — фигура пуансона; *2* — цилиндрическая часть; *3* — шейка; *4* — головка; *5*, *9* — рабочая и калибрующая части соответственно; *6*, *7* — выходная и входная части соответственно; *8* — опорная плоскость

Рабочие части инструмента и их сопряжение определяются технологическим процессом изготовления изделия. Крепежные части и габаритные размеры рассчитывают по опытным данным, заводским нормалям и ОСТам с учетом наличного парка оборудования.

МАТЕРИАЛ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Для изготовления пуансонов, штампов, стоек, сосков в ПГП применяют инструментальные углеродистые стали марок У8, У10, У12, У12А, У10А, У12ХА. Для инструмента прессовки также используются легированные стали 5ХНМ и 5ХНВ. Матрицы изготовляют из сталей У10А, У12А.

В последнее время для производства матриц вытяжки и обжима изделий всех калибров все большее применение получают твердые сплавы на основе карбидов вольфрама, кобальта и других элементов.

В ПГП для этой цели широко используют вольфрамо-кобальтовые сплавы (состав, %: карбида вольфрама 80—83, углерода 5,0—5,2, кобальта 11—12; твердость HRC 87; $\sigma_{изг}=160$ *кГ/мм*^{2}) марок ВК6 и ВК8 и вольфрамо-никелевые сплавы (состав, %: вольфрама 85—86, углерода 5,2, никеля 7,5—8,5; твердость HRC 88; $\sigma_{изг}=120$ *кГ/мм*^{2}). Приготовление металлокерамических сплавов и вкладышей матриц из них аналогично производству металлокерамических бронебойных сердечников.

Преимущества матриц из твердых сплавов по сравнению с матрицами, изготовленными из углеродистых сталей, следующие:

— у них выше стойкость. При производстве стальных и латунных орудийных гильз стойкость углеродистых вытяжных матриц

достигает 2—3 тыс. шт., а стойкость твердосплавных матриц — 140—200 тыс. шт. и выше;

— их можно многократно переделывать с одного размера на другой без снижения стойкости. У матриц из углеродистых сталей толщина закаленного слоя мала и многократная термообработка при переделках ухудшает структуру металла;

— они обеспечивают повышение качества полуфабриката вытяжек, сокращение брака при вытяжках и обжимах;

— их применение позволяет повысить коэффициент использования оборудования за счет сокращения простоев, связанных со сменой инструмента, и вообще улучшить технико-экономические показатели основных и инструментальных цехов.

Вкладыши из сплава ВК8 готовят на Московском комбинате твердых сплавов, а вкладыши для производства гильз стрелкового оружия — непосредственно на патронных заводах. Вкладыши (фильеры) запрессовываются в корпуса из поделочной стали. Все матрицы изготовляются по 2—3-му классу точности с шероховатостью поверхности ∇ 7—9.

Кроме применения твердых сплавов, существенно повышают стойкость инструмента высокая чистота обработки (полировка) и хромирование его рабочих поверхностей, а также рациональные методы его термообработки.

Полировкой (доводкой) после шлифовки и хромирования достигается получение зеркальной поверхности инструмента, свободной от рисок и царапин. Полировку ведут на токарных или полировочных станках.

Хромированию подвергаются инструменты, изготовленные из углеродистой стали. Основная цель этого покрытия — повысить износоустойчивость инструмента. Хромирование осуществляют электролитическим или ультразвуковым (с частотой 260 *кгц*) способом. Оптимальная толщина слоя хрома на сторону 0,02—0,03 *мм*. Увеличение слоя хрома не повышает стойкости инструмента, так как при этом на поверхности образуются неровности, гребешки, места сползания хрома. Такие же явления происходят и при наложении двойного слоя хрома.

Процесс хромирования заключается в следующем.

Изготовляют инструмент, размеры которого заведомо меньше (пуансоны) или больше (матрицы) положенных на толщину слоя хрома. Этот инструмент подвергают шлифовке и полировке, а затем обезжиривают химическим или электрохимическим способом и погружают в электролитическую ванну хромирования, где он является катодом, а свинцовая пластина — анодом. Состав ванны — крепкий раствор хромового ангидрида с добавлением серной кислоты. Промытый и высушенный инструмент подвергают полировке.

Хромированный инструмент имеет чистую зеркальную блестящую поверхность с синеватым отливом.

Вырубной инструмент не хромируют, так как на острые кромки хром ложится плохо и при вырубке, когда возникают большие усилия, он отслаивается. С этой же целью уменьшения возможности отслаивания хрома на выходной части вытяжной матрицы делают фаску или закругления, а не острую кромку.

Не хромируют также инструмент, подвергающийся высоким давлениям при прессовке, штамповке, осадке. Малый коэффициент линейного расширения хрома, по сравнению со сталью, в этих случаях приводит к разрывам и трещинам хромового покрытия.

Рациональные методы закалки. При обычных методах закалки материал прогревается насквозь и при охлаждении в нем развиваются внутренние напряжения, которые приводят к браку инструмента при его изготовлении и выходу из строя при эксплуатации. Кроме этого, при обычной закалке наблюдается значительное объемное изменение металла, что требует больших припусков на шлифовку. Поэтому целесообразнее производить закалку только поверхностного слоя инструмента. Это можно осуществить токами высокой частоты или струей воды.

Поверхностная закалка позволяет:

— получить на поверхности инструмента максимальную твердость, сохранив его ударную вязкость;

— снизить до минимума брак при закалке инструмента;

— сократить расход материала за счет уменьшения припусков на шлифовку.

ДЕФЕКТЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Стойкость матрицы меньше стойкости пуансона. Это объясняется тем, что деформации воспринимают в основном матрицы, работающие при значительно больших удельных давлениях на рабочую поверхность, чем пуансоны.

Основные причины выхода из строя матриц: налипание металла полуфабриката; трещины и сколы слоя хрома; прижоги и царапины на рабочих поверхностях; естественный износ (выход из размера); обрыв изделия в матрице (особенно при вытяжке и обжимах).

К наружным дефектам рабочей поверхности матриц, появившимся в процессе эксплуатации, относятся:

разрывы и трещины вследствие плохой термообработки, недоброкачественного материала, недостаточной прочности или малых габаритных размеров матрицы;

притупление режущих кромок вырубных и изменение размеров и радиусов других матриц (рис. 12, *а*). Причина — естественный износ в процессе работы. Способы восстановления — перешлифовка или реставрация матрицы;

налипание металла на калибрующую часть матриц (см. рис. 12, *б*) вследствие недостаточной термообработки или шлифовки поверхности;

зарубленные режущие кромки вырубной матрицы (см. рис. 12, *в*) из-за несоосности матрицы и пуансона;

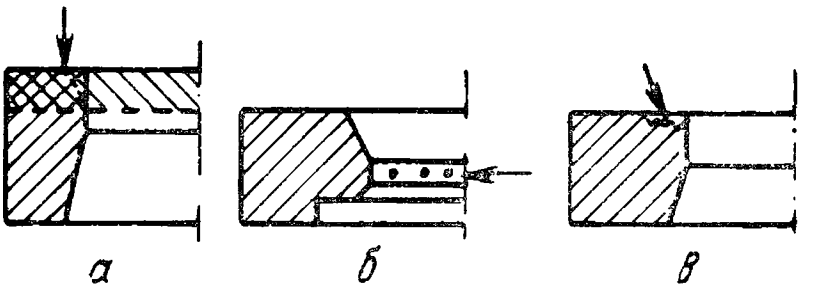

Рис. 12. Дефекты рабочей поверхности матрицы:
а — притупление режущих кромок; *б* — налипание металла; *в* — зарубка и выкрашивание режущих кромок

выкрашивание режущих кромок вырубных матриц по причине недостаточной термообработки или недоброкачественности металла;

отслаивание хрома на рабочих поверхностях матрицы (рис. 13).

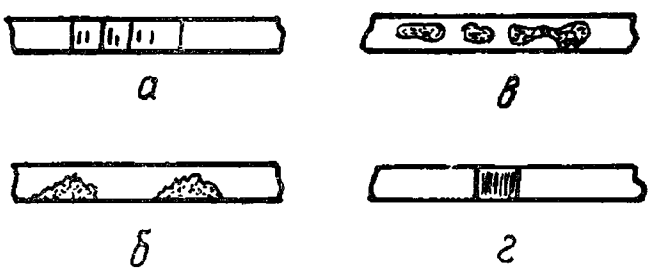

Рис. 13. Характер повреждения слоя хрома на поверхности вытяжной матрицы:
а — трещины; *б* — сползание в нижней части рабочей поверхности; *в* — отслаивание пятнами; *г* — прижог пуансоном

Матрицы с вкладышами из твердого сплава ВК8 по диаметру практически не изнашиваются (после изготовления 220 тыс. латунных изделий калибра 85 *мм* такая матрица получила износ 0,05—0,07 *мм*). На них случаются трещины, главным образом, кольцевые (спиральные), появляются кольцевые выработки в месте посадки полуфабриката. Так, после изготовления 5—7 тыс. стальных изделий глубина выработки на такой матрице оказалась равной 0,02—0,04 *мм*. Кольцевой износ не допускается, так как ведет к выкрашиванию матрицы. Инструмент из сплава ВК8 зачищается карбидом бора и микропорошком. Притир матриц на станках анодно-механической доводки ведут с пастой карбида бора зернистостью 240—325.

КОНТРОЛЬ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель контроля — своевременное выявление дефектов и износа поверхностей, определение размеров и их соответствия чертежу, что обеспечит получение полуфабрикатов, соответствующих чертежу и технологическому процессу изготовления изделия.

Контроль инструмента наружным осмотром и определением размеров его рабочих поверхностей осуществляется на двух стадиях производства:

в инструментальном цехе проверяется качество изготовления, переделки или реставрации инструмента;

в прессовом цехе по специальному графику определяется состояние работающего инструмента.

Контроль рабочего инструмента направлен главным образом на проверку точности конфигурации и габаритных размеров рабочих частей. При этом особое внимание уделяется матрице, так как она обеспечивает получение требуемых размеров и качества кружка.

На пуансоне проверяются:

— конфигурация (по шаблону);

— диаметр, длина, бочкообразность (при универсальном инструменте).

На матрице контролируются:

— диаметр калибрующей и входной части (по проходной и непроходной пластинам);

— овальность калибрующей части (по раздвижному штихмасу);

— профиль и высота рабочей и калибрующей части (по шаблону);

— прочие размеры (при универсальном инструменте).

РЕСТАВРАЦИЯ И ПЕРЕДЕЛКА ИНСТРУМЕНТА

Экономию инструментальной стали можно осуществлять двумя способами:

— конструированием инструмента рациональной формы и размеров с минимальными допусками и отходами при обработке;

— повторным использованием изношенного инструмента путем его реставрации и переделки.

Реставрация позволяет многократно использовать инструмент, сократить расходы материалов и времени на выполнение части трудоемких операций по изготовлению инструмента.

Главную трудность при реставрации инструмента создает необходимость его перехромирования. Изношенный инструмент необходимо освободить от остатков хрома путем травления в соляной кислоте или расхромирования в электролитических ваннах, затем вновь полировать, обезжиривать и хромировать на требуемые размеры.

Пуансоны можно реставрировать путем восстановления профиля. Следует учитывать, что в этом случае длина пуансона уменьшается.

Матрицы из углеродистых сталей реставрировать можно термообработкой, при которой происходит усадка (термическая посадка) металла, т. е. уменьшение соответствующих размеров. После термообработки необходимы перешлифовка и хромирование.

Матрицы и пуансоны, которые не удается реставрировать, следует переделать на другие размеры или типы.

Пуансоны вытяжки, длина которых увеличивается, а диаметры уменьшаются от первой к последней операции, можно переделать только на пуансоны для других изделий.

Матрицы вытяжки, имеющие одинаковые габаритные размеры на всех операциях, можно переделать расточкой или шлифовкой, переставив их с последующей операции на предыдущую.

Лопнувшие и разрушенные твердосплавные вкладыши можно опять превратить в порошок, годный для создания (спекания) нового вкладыша, или переделать в пластины для режущего инструмента.

§ 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СМАЗКИ

Штамповые операции сопровождаются значительными выделениями тепла. Причины этого:

трение металла заготовки о рабочую поверхность штампа;
перемещение частиц металла при деформации;
упругие деформации материала рабочего инструмента.

Наибольшему нагреву подвергаются режущие кромки вырубного инструмента и рабочие поверхности вытяжных пуансонов.

Кроме того, при штамповке возникает большая сила трения.

Для отвода тепла от трущихся частей рабочего инструмента и уменьшения силы трения между инструментом и полуфабрикатом применяют жидкие и полужидкие смазки.

Требования к смазочным материалам:

— равномерно покрывать смазываемые поверхности и не скатываться с них шариками;

— резко снижать коэффициент трения и хорошо охлаждать мелкий инструмент;

— не вызывать коррозии на смазываемых поверхностях;

— не выдавливаться при больших удельных давлениях;

— не приносить вреда здоровью рабочих.

Свойства смазки в значительной степени зависят от наличия в них жиров, без которых они мало пригодны или непригодны к употреблению. В некоторых смазках имеются свободные кислоты, поэтому после штамповой операции полуфабрикат следует промывать горячей водой.

Применение смазки сильно снижает коэффициент трения (с $\mu = 0{,}15 \div 0{,}20$ до $\mu = 0{,}015 \div 0{,}020$), изменяется и сопротивление материала деформации.

В ПГП применяются следующие смазки:

— мыльный раствор (добавление графита улучшает его свойства);

— эмульсии — минеральные масла с мыльным раствором;

— минеральные масла.

На вырубке-свертке используют мыльный раствор, содержащий 1 *кГ* 60—72%-ного мыла (табл. 5) в 30—60 *л* воды, при вырубке кружков орудийных гильз — трансформаторное масло, на свертке — густую смазку (1 *кГ* мыла на 10—20 *л* воды).

Таблица 5

Состав хозяйственных мыл, применяемых в ПГП для приготовления смазки, %

Мыло	Соль натриевых жирных кислот	Вода	Наполнители (глина и жидкое стекло)
Ядровое	72	28	0
Высший сорт	60		12
Первый сорт	47		25
Второй сорт	40		32
Второй сорт военного времени	30		42

Глина и жидкое стекло загрязняют полуфабрикат, вызывают появление на нем царапин, снижают стойкость инструмента. Поэтому желательно, особенно при производстве стальных изделий, приготавливать мыльный раствор из ядрового мыла на конденсате. Последнее необходимо, поскольку обычная вода содержит неорганические соли (высокая жесткость) и способствует свертыванию ядрового мыла, а также отрицательно действует на инструмент.

Соду добавлять в раствор не рекомендуется, поскольку она, хотя и нейтрализует кислоты, но снижает стойкость инструмента.

Мыльный раствор для смазки стальных полуфабрикатов должен иметь жирность 2%, т. е. в нем должно содержаться жирных кислот в количестве 20 *Г/л*. Мыльный раствор для латунных изделий должен иметь 1% жирных кислот.

Метод составления мыльного раствора с определенным процентом содержания жирных кислот виден из следующего примера. Если требуется составить 2%-ный мыльный раствор, то при ядровом мыле, имеющем 720 *Г* жирных кислот на 1 *кГ*, исходя из пропорции

$$20\ Г - 1\ л \text{ воды}$$

$$720\ Г - x,$$

получим

$$x = \frac{720 \cdot 1}{20} = 36\ л.$$

При другом сорте мыла, например, 60%-ном, получим:

20 *Г* — 1 *л*

600 *Г* — *x*

и

$$x = \frac{600 \cdot 1}{20} = 30 \text{ } л.$$

Следовательно, для получения 2%-ного мыльного раствора необходимо израсходовать 1 *кГ* 72%-ного ядрового мыла на 36 *л* воды (конденсата) или 1 *кГ* 60%-ного хозяйственного мыла на 30 *л* воды.

Для приготовления мыльного раствора в бак с водой (конденсатом), нагретой до температуры 70—80°С, загружается мелко нарезанное мыло. Постоянно размешивая, смесь кипятят 15—20 *мин* до полного растворения мыла. После того, как раствор остыл до температуры 50—60°С и осели нерастворившиеся частицы, он готов к употреблению.

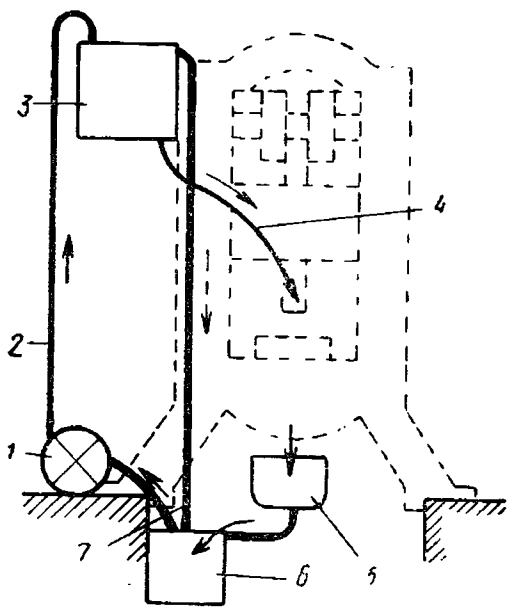

Рис. 14. Схема принудительной подачи мыльного раствора:
1 — насос; *2* — трубопровод; *3* — компенсационный бачок с раствором; *4* — гибкий шланг; *5* — фильтр; *6* — сборный бачок; *7* — трубопровод слива

К прессам раствор подается в специальной посуде или по трубопроводам. При производстве патронов мелких калибров возможно применение принудительной подачи смазки с рециркуляцией (рис. 14).

§ 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Технологическая документация обеспечивает правильное проведение технологического процесса. Она состоит: из альбомов действующих технологических процессов, штампового и режущего инструмента (рабочие чертежи), контрольно-мерительного инструмента, приспособлений (установок инструмента), инструкций; из журнала

проверки технологической дисциплины в цеху, журнала опытных работ и отчетов по ним, а также из карт-приказов на вносимые в технологический процесс изменения.

Альбомы действующих технологических процессов включают в себя эскизы полуфабрикатов, эскизы установки инструмента, размеры полуфабрикатов с допусками, режимы обработки, рабочий и мерительный инструмент, виды и организацию контроля и т. д.

Составление технологических процессов и заполнение карт обработки требуют внимательной и вдумчивой работы. Чтобы не было недоразумений с ОТК и представителем заказчика и гарантировалось качественное проведение технологического процесса, в картах необходимо указывать пределы режимов обработки («от», «до» или «не более», «не менее»). Например, температура промывочной воды — «вода хозяйственная холодная», горячей — «не менее 70°С»; разностенность — «не более 0,4 *мм*» и т. д.

Технологический процесс на изделие утверждается Министерством (директором) и должен строго соблюдаться. Всякие серьезные изменения процесса обработки и разработка временных технологических процессов разрешаются Министерством (директором) по согласованию с заказчиком (ГАУ, ВВС, ВМФ). Незначительные, а также срочные изменения, обеспечивающие повышение качества изделий и предупреждающие брак, разрешается вносить главному инженеру предприятия путем издания карт-приказов, согласованных с представителем заказчика.

Инструкции, сгруппированные в специальный альбом, разрабатываются на каждую операцию технологического процесса. Инструкция должна быть подробной, четкой, ясной и грамотной. Она должна содержать сведения о характере операции, инструменте, режимах и порядке работы и контроля. Кроме технологической инструкции, на каждую операцию разрабатывают инструкцию по технике безопасности.

В журнале проверки технологической дисциплины в цеху производятся записи о результатах проверки технологического процесса с перечислением как положительных сторон, так и замеченных нарушений. Журнал просматривают начальник цеха и главный технолог, которые отдают необходимые распоряжения.

С целью улучшения (модернизации и интенсификации) технологического процесса проводятся опытные работы. Эти работы строго согласовываются с представителем заказчика. Необходимо следить, чтобы опытные изделия не засорили поток. Все результаты опытов надо тщательно проверять, делая правильные практически применимые выводы, и заносить в *журнал опытных работ.*

Четкий порядок в ведении, хранении и оформлении технологической документации, а также правильное ее использование на производстве оказывает большое влияние на работу цеха, способствуя резкому ее улучшению и подъему культуры производства.

Глава III

ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

§ 1. ОПЕРАЦИЯ ВЫРУБКИ

Одной из основных операций штамповки является операция ырубки, т. е. полного отделения по замкнутому контуру одной асти металла от другой.

В ПГП вырубка применяется в качестве операций: начальной заготовительной), самостоятельной и выполняемой одновременно о сверткой.

Последовательность процесса вырубки показана на рис. 15.

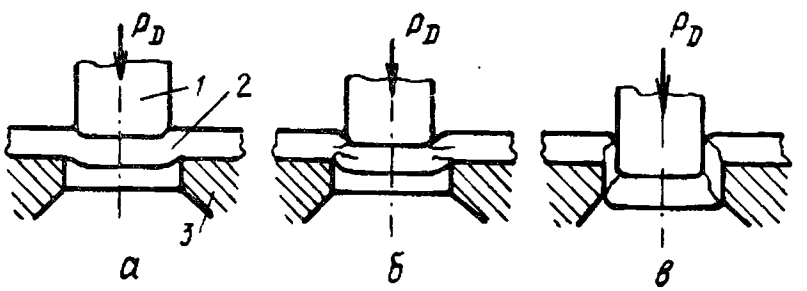

Рис. 15. Последовательность процесса вырубки:
а — смятие; *б* — проникновение; *в* — скалывание; *1* — пуансон; *2* — полоса; *3* — матрица

Смятие характеризуется упругими деформациями, выпучиванием материала в матрицу, сжатием, изгибом и растяжением волокон.

В период *проникновения* происходит перерезание волокон, появляются скалывающие трещины.

Во время *скалывания* трещины быстро распространяются, соединяются между собой, кружок отделяется от полосы, происходит дальнейшая работа пуансона по проталкиванию вырезанной части материала.

На качество кружка и процесс вырубки оказывают влияние:

— угол скалывания β. Для латуни, стали с содержанием углерода 0,1; 0,2; 0,3% и стали П11 рекомендуется $\beta = 5 \div 6$; $5 \div 6$; $4 \div 5$; $4 \div 5$ и $9 \div 11°$ соответственно;

— правильная установка рабочего инструмента;

— хорошее состояние режущих кромок;

— равномерный зазор по всей окружности.

ЗАЗОР ПРИ ВЫРУБКЕ

Правильный зазор удлиняет срок службы штампа и улучшает качество изделий, причем на последнее влияет не только величина зазора, но и равномерное распределение его по контуру. С увеличением зазора стойкость инструмента повышается, а усилие вырубки понижается. При неравномерном распределении зазора происходит затупление режущих кромок рабочего инструмента, что, в свою очередь, вызывает еще бóльшее смещение зазора в одну сторону и может привести к браку кружков по состоянию поверхности скалывания. Такие кружки при свертке приводят к разностенности и перекосу изделия в сторону бóльшего зазора.

Величина зазора z зависит от толщины и физических свойств обрабатываемого материала и определяется по формуле

$$z = \alpha T,$$

где T — толщина исходного материала;

α — коэффициент учета свойств материала.

Обычно $\alpha = 0{,}075 \div 0{,}150$, причем бóльшие значения относятся к стали.

Величину зазора можно также определить по формулам холодной штамповки.

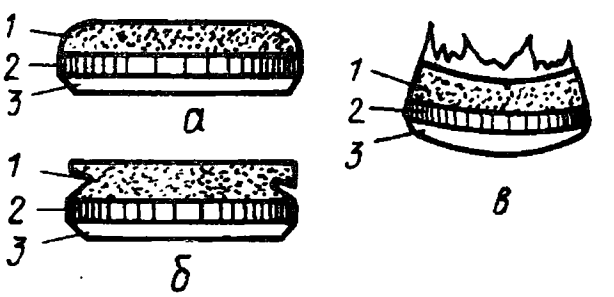

Рис. 16. Влияние нормального (*а*), малого (*б*) и большого (*в*) зазора на качество кружков:
1 — поверхность скалывания; *2* — полоска чистого среза; *3* — выпуклая нижняя поверхность

При нормальном зазоре (рис. 16, *а*) выпуклая нижняя поверхность *3* соответствует периоду смятия, чистосрезанная блестящая

полоса *2* — периоду проникновения, а шероховатая коническая поверхность скалывания *1* — периоду скалывания.

При малом зазоре (см. рис. 16, *б*) на поверхности скалывания *1* образуется еще поверхность вторичного среза матрицей, так как трещины скалывания не встретились. Недостаточный зазор приводит к надрывам поверхности среза, расслоению материала и обрывам при свертке.

В случае большого зазора (см. рис. 16, *в*) нижняя поверхность *3* получается значительно выпуклой, а шероховатая поверхность скалывания *1* — с большими рваными заусенцами. Чрезмерный зазор приводит к косой и неравномерной поверхности среза, глубоким надрывам и прогнутости кружка.

РАСКРОЙ МАТЕРИАЛА ПРИ ВЫРУБКЕ

Раскрой — расположение заготовок на полосе. Необходимо стремиться к уменьшению отходов (высечки) при сохранении качества заготовки.

Величина отходов зависит от ширины перемычек между заготовками, заготовками и краями полосы, от количества и расположения заготовок на полосе.

Различают одно- и многорядный раскрой. Последний является основным при получении заготовок элементов патронов стрелкового оружия.

Раскрой характеризуется коэффициентом использования материала

$$\eta = \frac{F_0}{F} 100,$$

где F_0 — площадь детали;

F — площадь заготовки под деталь.

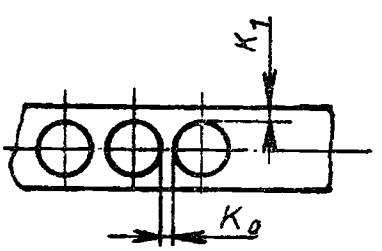

Рис. 17. Перемычки при раскрое

Большое значение для уменьшения отходов и повышения качества вырубки имеют величины перемычек — расстояний между двумя смежными вырубаемыми деталями K_0 (рис. 17) и между вырубаемыми деталями и краем полосы K_1. Обычно величины перемычек определяют по таблицам холодной штамповки с учетом вида подачи.

Для заготовок орудийных гильз можно рекомендовать:

при ручной, клещевой или валковой подаче

$$K_0 = 3{,}7 - \sqrt{6{,}51 - T\,(T - 0{,}4)} \text{ при } T < 1{,}5 \text{ мм},$$

$$K_0 = 0{,}571\,T + 0{,}643 \text{ при } T = 1{,}5 \div 5{,}0 \text{ мм},$$

$$K_0 = (0{,}6 \div 0{,}7)\,T \text{ при } T > 5 \text{ мм},$$

$$K_1 = (1{,}10 \div 1{,}15)\,k_0;$$

при крючковой подаче

$$K_0 = 5{,}46 - \sqrt{14{,}96 - T\,(T-1)},$$

т. е. перемычка увеличивается, так как захватывающий крючок тянет ленту через штамп с большой силой.

Усилие при вырубке кружков из полос и лент определяется по зависимости

$$P = \pi DT\sigma,$$

где D — диаметр вырубаемой детали;

T — толщина материала;

$\sigma = 0{,}8\sigma_в$ — сопротивление срезу при вырубке (табл. 6).

Таблица 6

Значения величин сопротивления срезу при различных материалах, кГ/мм²

Материал	σ	$\sigma_в$
Гильзовая латунь	$17{,}100 + 0{,}285\,\sigma_в$	30–35
Биметалл и гильзовая сталь	$11{,}00 + 0{,}56\,\sigma_в$	35—40
Биметалл и пульная сталь	$11{,}00 + 0{,}56\,\sigma_в$	27—37

Для подбора пресса принимают

$$P_{пр} = 1{,}3\,P = \pi DT\sigma_в.$$

При рубке прутков

$$P_{пр} = 1{,}3\,F_{пр}\,\sigma = \frac{\pi D^2}{4}\sigma_в.$$

Усилие высадки колпака из прутка находим по выражению

$$P = (50 \div 60)\,kD^2\sigma_в,$$

где k — коэффициент, зависящий от соотношения объемов выдавливаемого металла V и заготовки V_1. При $\frac{V}{V_1} = 0{,}3$; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и 0,8 коэффициент $k = 1{,}50$; 1,40; 1,35; 1,30; 1,10 и 1,05 соответственно;

D — диаметр выдавливаемого отверстия, *см*.

С целью снижения усилия вырубки применяют скос режущих кромок матриц на величину до 0,7 T. В этом случае

$$P = (0{,}60 \div 0{,}85)\, P_{\text{расч}}$$

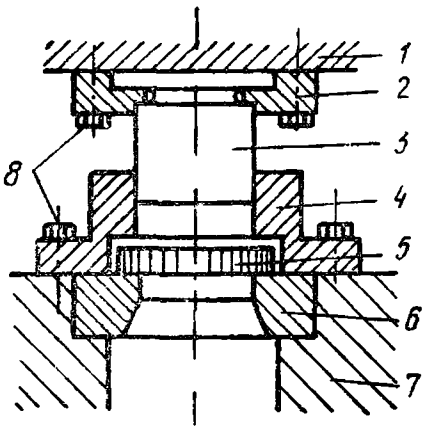

Рис. 18. Схема установки вырубного инструмента: *1* — ползун пресса; *2* — крепежное кольцо; *3* — пуансон; *4* — направляющая втулка; *5* — полоса; *6* — матрица; *7* — подштамповая плита; *8* — крепежные болты

Схема установки рабочего инструмента на вырубке показана на рис. 18.

КОНСТРУКЦИЯ ВЫРУБНОГО ИНСТРУМЕНТА

Известны четыре типа вырубных матриц (рис. 19). Их рекомендуемые размеры приведены в табл. 7.

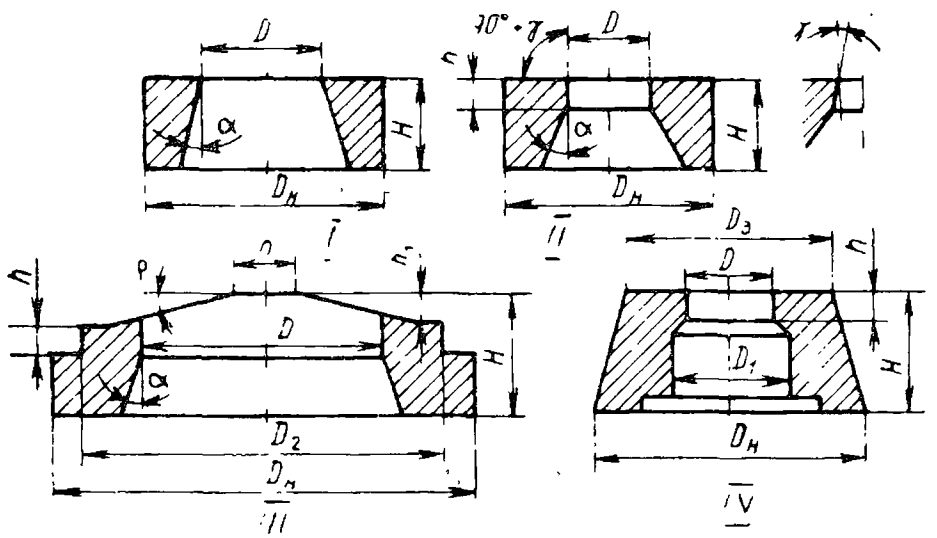

Рис. 19. Типы вырубных матриц

Для выбора заднего угла и величины пояска матриц I и II типов рекомендуется пользоваться данными, приведенными в табл. 8.

Таблица 7

Рекомендуемые размеры вырубных матриц

Обозначение размера	Формула для подсчета	Пределы численной величины
D	По расчету	—
D_1	$D + (2 \div 3)$ *мм*	—
D_2	$D_н - (20 \div 40)$ *мм*	—
D_3	$D_н - (3 \div 5)$ *мм*	—
$D_н$	$(1{,}5 \div 2{,}0)D$ *мм*	—
H	—	Элементы патронов стрелкового оружия — $20 \div 25$ *мм*, орудийные гильзы — $75 \div 125$ *мм*
h	$(0{,}75 \div 1{,}00)T$	3—5 *мм*
h_1	$\frac{D - n}{2} \operatorname{tg} k$	$(0{,}5 \div 1{,}0)T$
n	$\frac{D}{8 \div 10}$	5—20 *мм*
ρ	—	2—4°
α	—	5—7°
$\operatorname{tg}\gamma$	$< \frac{\Delta D}{2h}$	—

Таблица 8

Рекомендуемые значения величин α, γ и h для матриц I и II типов

Толщина материала, *мм*	α, *град*	γ, *угл. мин*	h, *мм*	Толщина материала, *мм*	α, *град*	γ, *угл. мин*	h, *мм*
До 0,5	2	15	3—5	2,5—6,0	3	30	7—10
0,5—1,0	2	15	4—6	6,0—12,0	3	40	8—12
1,0—2,5	3	30	6—7				

Матрицы типа I быстро тупятся, их размеры значительно изменяются. Матрицы типа II применяются при обработке толстых и жестких материалов.

Для повышения стойкости и снижения усилия вырубки на матрицах III типа сделан скос режущих кромок. Величина этого скоса зависит от диаметра кружка.

Матрицы типа IV имеют нежесткую конструкцию (подвержены изгибу, выкрашиванию) и хорошо центруются.

Наиболее распространены матрицы II и III типов.

Конструкции пяти типов вырубных пуансонов представлены на рис. 20. При использовании пуансона IV типа облегчается съем полуфабриката и уменьшается усилие проталкивания. Пуансон V применяется при больших диаметрах с целью экономии материала и быстрой смены инструмента.

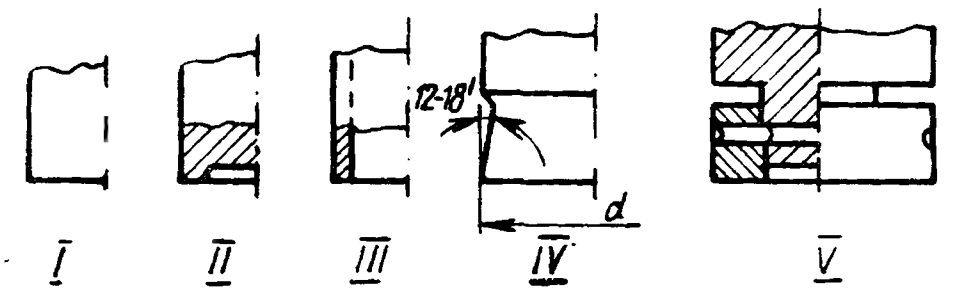

Рис. 20. Типы вырубных пуансонов:
I — плоский; *II* — учитывающий неровности материала; *III* — для вырубки и свертки; *IV* — с углом 12—18′; *V* — составной двусторонний

Вырубные пуансоны и матрицы изготовляют из сталей У8А, У9А, У10А (матрицы — еще и из стали У12А) с последующей закалкой. Кроме этих, применяют высококачественные легированные стали.

После закалки матрицы имеют твердость HRC 60—64, пуансоны — в рабочей части HRC 56—62, в крепежной части (после отпуска при температуре 400—500°С) HRC 36—45.

РАСЧЕТ РАБОЧИХ РАЗМЕРОВ ВЫРУБНЫХ ПУАНСОНОВ И МАТРИЦ

Исходные данные:

— диаметр кружка или сторона квадрата с плюсовым допуском $D^{+\Delta D}$. Эта особенность ПГП предотвращает возможный брак по недостатку металла и соответствует характеру износа матрицы в сторону увеличения;

— толщина заготовки $T \pm \Delta T$;

— свойства вырубаемого материала.

При вырубке номинальный размер изделий $D_{кр\,ном}$ (рис. 21) дается матрице, а размер пуансона $d_п$ определяется вычитанием из размера матрицы $D_м$ технологического зазора z:

$$D_м = D_{кр\,ном}; \quad d_п = D_м - z.$$

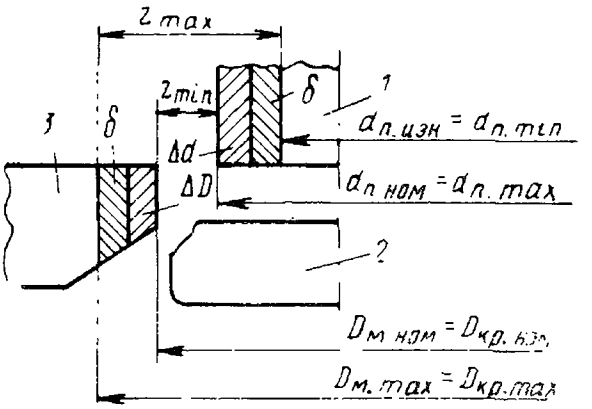

Рис. 21. Расчетные размеры вырубного инструмента:
1 — пуансон; *2* — кружок; *3* — матрица

В практике производства орудийных гильз номинальный размер матрицы приравнивают к максимальному размеру кружка с учетом допуска. Кружки, вырубленные таким инструментом, имеют размеры по середине поля допуска, т. е. они меньше диаметра матрицы на 0,2—0,4 *мм* за счет деформации изгиба в пределах, допускаемых по ТУ.

При пробивке отверстия номинальный размер присваивается пуансону, а размер матрицы определяется прибавлением к нему технологического зазора:

$$d_п = D_{отв\,ном}; \quad D_м = d_п + z.$$

Износ инструмента учитывается уменьшением зазора

$$z_1 = (0{,}5 \div 0{,}6)\, z.$$

Допуски на режущие части пуансонов и матриц при изготовлении кружков для боеприпасов стрелкового оружия определяют в зависимости от зазора:

$$\Delta_п = 0{,}2z \text{ (в пределах } 0{,}005 — 0{,}040 \text{ } мм),$$

$$\Delta_м = 0{,}3z \text{ (в пределах } 0{,}01 — 0{,}08 \text{ } мм).$$

Допуск на диаметр кружков устанавливают:
при диаметре $\leqslant$ 200 *мм* — по 4-му классу точности,
при диаметре $>$ 200 *мм* — по 5-му классу точности.

Допуск на толщину кружка принимают равным $\pm 0{,}15 \div 0{,}20$ *мм*, а для орудийных гильз $\pm 0{,}3 \div 0{,}4$ *мм*.

При вырубке кружков их диаметры оформляются режущими кромками матрицы, т. е. точность кружков зависит от точности

диаметра матрицы. Качество среза кружка определяется величиной зазора.

При вырубке кружков новым инструментом с номинальным размером матрицы получают кружки минимальных диаметров. В случае применения изношенной матрицы с максимальным размером кружки также будут иметь максимальный диаметр:

$$D_{\text{кр min}} = D_{\text{м min}}; \qquad D_{\text{кр max}} = D_{\text{м max}};$$

$$D_{\text{кр max}} = D_{\text{кр min}} + \Delta D_{\text{кр}};$$

$$D_{\text{м max}} = D_{\text{м min}} + \Delta D + \delta;$$

$$\Delta D_{\text{кр}} = \Delta D + \delta,$$

где δ — допуск на износ матрицы.

Для определения размеров нового пуансона необходимо знать величину зазора между режущими кромками пуансона и матрицы.

В ПГП минимальный зазор равен 7,5% $T_{\text{кр}}$, максимальный — 15% $T_{\text{кр}}$:

$$z_{\min} = 0{,}075\, T_{\text{кр}}; \quad z_{\max} = 0{,}15\, T_{\text{кр}} \text{ и } d_{\text{п max}} = D_{\text{м max}} - z_{\min}.$$

Допуск на износ пуансона по величине устанавливают равным удвоенной абсолютной величине допуска на неточность изготовления пуансона:

$$d_{\text{п max}} = d_{\text{п min}} + \Delta d + \delta; \quad \delta = 2\Delta d;$$

$$d_{\text{п max}} = d_{\text{п min}} + 3\Delta d;$$

$$d_{\text{п min}} = d_{\text{п max}} - 3\Delta d;$$

$$z_{\text{max действ}} = D_{\text{м изн}} - d_{\text{п изн}} = D_{\text{м max}} - d_{\text{п min}}.$$

Для обеспечения нормальной вырубки необходимо, чтобы $z_{\text{действ}} \leqslant z_{\text{расч}}$.

В практике заводов при вырубке относительно толстых кружков для орудийных гильз применяется та же методика расчета, только номинальный диаметр матрицы приравнивается к номинальному диаметру кружка, увеличенному на половину своего допуска. Это объясняется тем, что фактически диаметр кружка после вырубки меньше диаметра с сильным прогибом кружка при вырубке.

Пример 1. Известно, что $D_{\text{кр}} = 157$ *мм*, $T_{\text{кр}} = 11{,}7$ *мм* и $\Delta D_{\text{кр}} = 0{,}26$ *мм* (по 4-му классу).

Определим размеры матрицы:
диаметр

$$D_{\text{м min}} = D_{\text{кр}} + \frac{1}{2}\Delta D_{\text{кр}} = 157 + \frac{1}{2}0{,}26 = 157{,}13 \text{ мм};$$

допуск на неточность изготовления по 3-му классу

$$\Delta D_{\text{м}} = 0{,}08 \ мм;$$

чертежный размер

$$D_{\text{м}}{}^{+\Delta D} = 157{,}13 + 0{,}08 \ мм;$$

диаметр изношенной матрицы

$$D_{\text{м изн}} = D_{\text{м min}} + \Delta D_{\text{кр}} = 157{,}13 + 0{,}26 = 157{,}39 \ мм;$$

минимальный зазор

$$z_{\min} = 0{,}075\, T_{\text{кр}} = 0{,}075 \cdot 11{,}7 = 0{,}87 \ мм.$$

Определим размеры пуансона:
диаметр

$$d_{\text{п max}} = D_{\text{м min}} - z_{\min} = 157{,}13 - 0{,}87 = 156{,}26 \ мм;$$

допуск на изготовление по скользящей посадке 3-го класса точности

$$\Delta d_{\text{п}} = 0{,}08 \ мм;$$

чертежный размер

$$d_{\text{п}} - \Delta d_{\text{п}} = 156{,}26 - 0{,}08 \ мм;$$

диаметр изношенного пуансона

$$d_{\text{п изн}} = d_{\text{п max}} - 3\Delta d_{\text{п}} = 156{,}26 - 3 \cdot 0{,}08 = 156{,}02 \ мм;$$

максимальный зазор

$$z_{\max} = D_{\text{м изн}} - d_{\text{п изн}} = 157{,}39 - 156{,}02 = 1{,}37 \ мм.$$

Проверяем зазор

$$z_{\text{max расч}} = 0{,}15\, T_{\text{кр}} = 0{,}15 \cdot 11{,}7 = 1{,}76 \ мм$$

и, следовательно, $z_{\text{дейст}} < z_{\text{расч}}$, т. е. допуски выбраны правильно.

Если $z_{\text{дейст}} > z_{\text{расч}}$, то для расчета инструмента необходимо принимать более высокий класс точности.

Пример 2. Определить размеры режущих кромок инструмента и величину зазора при вырубке из латуни $T = 4{,}0$ *мм* кружка диаметром $D = 20$ *мм*.

Принимаем, что номинальный диаметр матрицы $D_{\text{м}} = 20$ *мм* и подсчитываем: технологический зазор

$$z = \alpha T = 4 \cdot 0{,}075 = 0{,}3 \ мм,$$

а с учетом износа

$$z_1 = 0{,}5z = 0{,}5 \cdot 0{,}3 = 0{,}15 \ мм;$$

диаметр пуансона

$$d_{\text{п}} = D_{\text{м}} - z_1 = 20{,}00 - 0{,}15 = 19{,}85 \ мм;$$

допуск на пуансон

$$\Delta_п = 0{,}2z = 0{,}3 \cdot 0{,}2 = 0{,}06 \ мм;$$

допуск на матрицу

$$\Delta_м = 0{,}3 \cdot 0{,}3 = 0{,}09 \ мм;$$

диаметры

$$D_{м\,max} = 20{,}00 + 0{,}09 = 20{,}09 \ мм; \quad D_{м\,min} = 20 \ мм;$$

$$d_{п\,max} = 19{,}85 \ мм; \quad d_{п\,min} = 19{,}85 - 0{,}06 = 19{,}79 \ мм;$$

зазоры

$$z_{max} = 20{,}09 - 19{,}79 = 0{,}3 \ мм;$$

$$z_{min} = 20{,}00 - 19{,}85 = 0{,}15 \ мм.$$

РАСЧЕТ ВЫРУБНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ПРОЧНОСТЬ

Расчет пуансона на прочность при нормальной его длине ($l \leqslant 2{,}5\ d$) производят на сжатие в опасном сечении по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F} = \frac{kuT\sigma_{ср}}{F} \leqslant [\sigma_{сж}],$$

где P — усилие вырубки;

F — площадь наименьшего сечения пуансона;

$[\sigma_{сж}]$ — допускаемое напряжение на сжатие. Для сталей У10А, У12А $[\sigma_{сж}] = 35 \div 45$ $кГ/мм^2$ при твердости HRC 56—62;

$k = 1{,}0 \div 1{,}3$ — поправочный коэффициент, зависящий от затупления режущих кромок, величины зазора, неравномерности толщины и качества поверхности разрезаемого материала;

u, T — периметр и толщина вырубаемой детали;

$\sigma_{ср}$ — сопротивление срезу материала.

Если по условиям проектирования приходится устанавливать длинные и тонкие пуансоны ($l > 2{,}5\ d$), то их необходимо проверять на продольный изгиб.

Для проверки свободной длины пуансона используем вторую формулу Эйлера

$$P_к = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} = nP = nkuT\sigma_{ср},$$

отсюда

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{nkuT\sigma_{ср}}},$$

где $P_к$ — критическая сила при продольном изгибе;

E — модуль упругости. Для инструментальной стали $E = 2{,}15 \cdot 10^6$ *кГ/мм²*;

$J = \frac{\pi d^4}{64} \approx 0{,}05\ d^4$ — осевой момент инерции круглого сечения;

l — длина свободной части пуансона;

n — коэффициент безопасности. Для сырой стали $n = 4 \div 5$, для закаленной $n = 2 \div 3$.

Допустимая нагрузка на пуансон $P_0 = \frac{P_к}{n}$. Если $P \leqslant P_0$, то пуансон обладает удовлетворительной стойкостью и будет работать.

Наружный диаметр матрицы рассчитывают из условий прочности на разрыв:

$$D_{кр}\, T\sigma_в c = DH\,[\sigma_{расч}] - D_{кр} H\,[\sigma_{расч}];$$

$$D = D_{кр}\left(c\,\frac{T\sigma_в}{H\,[\sigma_{расч}]} + 1\right),$$

где $D_{кр}$ — диаметр вырубаемого кружка;

c — коэффициент приложения внешних сил. Обычно $c = 0{,}3 \div 0{,}5$;

T, $\sigma_в$ — толщина и предел прочности вырубаемого материала;

H — высота матрицы;

$[\sigma_{расч}]$ — допускаемое напряжение на разрыв.

КОНТРОЛЬ ИНСТРУМЕНТА И ПОЛУФАБРИКАТА ВЫРУБНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Контрольно-мерительный инструмент на вырубленные заготовки:

орудийных гильз — предельные гладкие калибры на диаметр кружка с проходными и непроходными сторонами; микрометр с диском на толщину кружка;

гильз стрелкового оружия — скобы на диаметр и толщину кружка.

Для проверки рабочей части вырубной матрицы применяются предельные плоские калибры или штихмасы. Все остальные размеры матриц и все размеры вырубных пуансонов проверяются универсальным инструментом.

ВИДЫ И ПРИЧИНЫ БРАКА КРУЖКОВ

Брак кружков (табл. 9) является результатом нарушения правил эксплуатации вырубного инструмента и оборудования или нарушения технологического процесса вырубки.

Таблица 9

Виды брака кружков при вырубке

Вид брака	Причины
Заусенцы на кромке	Неправильно выбран зазор или затупились режущие кромки инструмента
Прогиб свыше допустимого	1. Большой зазор. 2. Выпуклость торца пуансона. 3. Погнутость полосы металла. 4. Мягкость металла
Неполная форма	1. Неправильная подача полосы. 2. Некратность длины полосы числу кружков. 3. Малая величина перемычки. 4. Несоосность инструмента (пуансона и матрицы)
Косая кромка	Несоосность инструмента
Надрывы на боковой поверхности	Брак металла: пузыри при отливке, трещины, расслоения, плены, надрывы и т. п.

От состояния кружка зависят качество полуфабриката и нормальное проведение последующих операций изготовления изделий.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ СВЕРТКИ

Свертка — операция холодной штамповки — превращение плоской заготовки-кружка в колпак. От правильности проектирования и ведения свертки зависят:

— достижение требуемых качеств полуфабриката и изделия;

— стойкость штампового инструмента;

— количество брака в процессе производства.

Как самостоятельная операция свертка применяется при толщине кружка более 3 *мм*.

Толщина стенки колпака при свертке не должна значительно меняться. Это способствует качеству свертки.

Основные условия нормального течения процесса свертки:

— правильное соотношение между размерами вырубленного кружка и свертываемого колпака;

— хорошее состояние металла кружка и высокое качество его вырубки;

— правильная форма и размеры инструмента свертки.

Установка инструмента на свертке показана на схеме (рис. 22).

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРИ СВЕРТКЕ

Различают три случая свертки:
без утонения стенки и без складкодержателя;
без утонения стенки и со складкодержателем;
с утонением стенки.

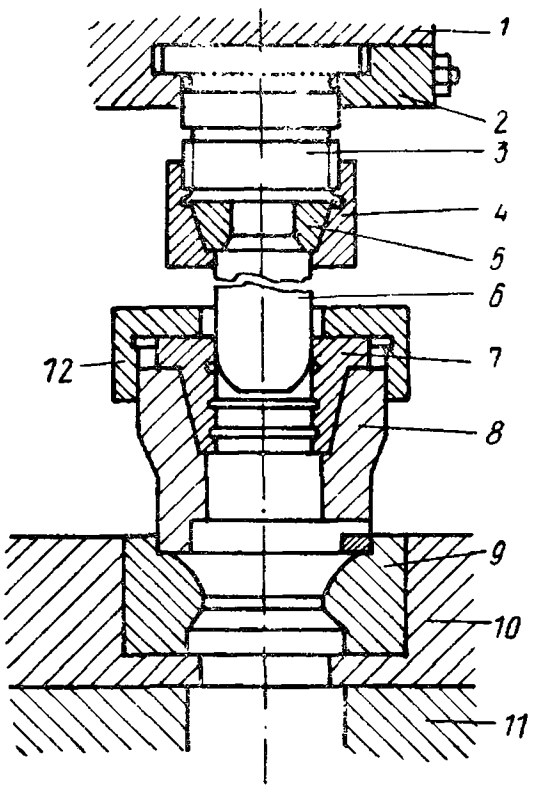

Рис. 22. Схема установки инструмента на свертке:
1 — ползун пресса; *2* — сухарь крепления; *3* — штуцер; *4*, *12* — гайки; *5* — разрезной вкладыш; *6* — пуансон; *7* — направляющая втулка; *8* — кондуктор; *9* — матрица; *10* — подштамповая плита; *11* — стол пресса

При свертке без утонения стенки и без складкодержателя усилие свертки P ($кГ$) подсчитывают по формуле

$$P = \pi d T \sigma_в f,$$

где d — диаметр колпака, *мм*;
T — толщина материала, *мм*;
$\sigma_в$ — сопротивление материала разрыву, $кГ/мм^2$;
f — коэффициент, зависящий от коэффициента свертки m (табл. 10).

Таблица 10

Значения коэффициентов f и m

m	f	m	f	m	f	m	f
0,550	1,00	0,625	0,80	0,700	0,60	0,775	0,45
0,575	0,93	0,650	0,72	0,725	0,55	0,800	0,40
0,600	0,86	0,675	0,66	0,750	0,50		

В случае свертки без утонения стенки, но со складкодержателем усилие P определяют по уравнениям:

для прессов двойного действия

$$P = \pi d T \sigma_в \left(\frac{D}{d} - 0{,}65\right) 1{,}25,$$

где D — диаметр кружка;

1,25 — коэффициент, учитывающий колебания толщины материала, его прочности и т. д.;

для прессов простого действия

$$P = \pi d T \sigma_в \left(\frac{D}{d} - 0{,}65\right) 1{,}4$$

или $P = \pi d T \sigma_в \left(\frac{D}{d} - 1\right) b$ (формула Шофмана),

где $b = 1{,}2$ при $\frac{T}{D} 100 < 1$ и $b = 1{,}0$ при $\frac{T}{D} 100 > 1$.

Когда применяется свертка с утонением стенки, используют формулу, предложенную Пущиным для орудийных гильз,

$$P = (F_{n-1} - F_n)(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha)\sigma,$$

где F_{n-1} — площадь кромки кружка до свертки;

F_n — площадь сечения по верху колпака после свертки;

$\mu = 0{,}04$ — коэффициент трения инструмента по полуфабрикату;

$\sigma = 30 \div 35$ и $40 \div 50$ *кГ/мм*² для отожженной латуни и мягкой стали соответственно;

α — полуугол протягивания.

Эта формула дает приближенные значения усилия свертки.

При свертке тонких кружков с большим диаметром для предупреждения образования складок необходим прижим, давление которого определяется по формулам холодной штамповки.

Если применяется складкодержатель, то давление прижима подсчитывают по выражению

$$P_{пр} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d_r^2)\, q,$$

где D — диаметр заготовки;

d_r — диаметр изделия с учетом размеров (радиусов) матрицы;

q — удельное давление.

Удельное давление прижима зависит от коэффициента свертки, толщины и вида материала, величины зазора между пуансоном и матрицей. Оно определяется по таблицам или принимается $q = 0{,}15 \div 0{,}30$ *кГ/см*².

РАБОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ СВЕРТКИ

Свертка осуществляется с помощью инструмента, состоящего из сверточного пуансона и одной или двух сверточных матриц, приспособлений (съемник, направляющая кондукторная втулка) и деталей крепления пуансона и матриц.

Рабочая часть пуансонов свертки (рис. 23) бывает четырех типов:

— цилиндрическая со скруглением в точках перехода стенок в торец. Пуансон *2* с цилиндрической формой рабочей части применяется для свертки без утонения стенок;

— коническая с закруглениями в местах переходов. Конический пуансон *1* применяется для свертки с утонением стенки;

— с зубом (грибком). Такой пуансон *3* используется в исключительных случаях для накопления металла в донной части при изготовлении толстодонных гильз. В месте зуба металл не утоняется;

— с уступом *4* для предупреждения косины при малой высоте колпака.

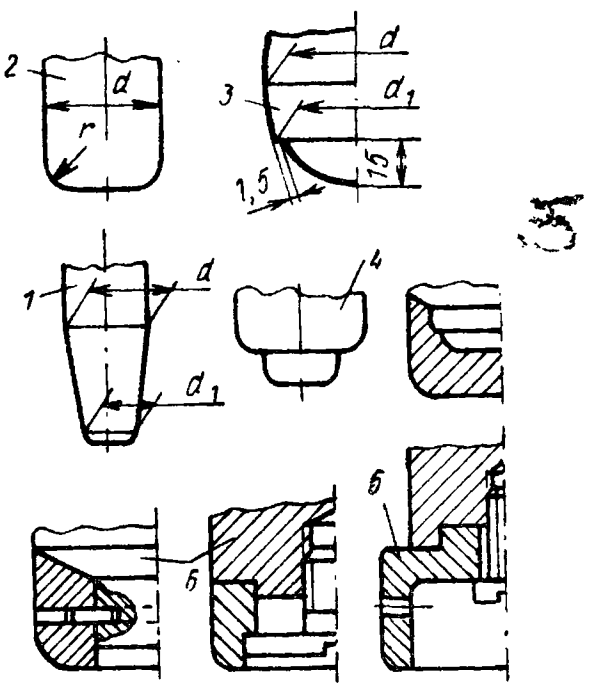

Рис. 23. Пуансоны свертки:
1 — конический; *2* — цилиндрический; *3* — с зубом; *4* — с уступом; *5*, *6* — составные

При диаметре пуансона более 20 *мм* и малых радиусах сопряжения стенок и дна применяются составные пуансоны *6* с наконечниками из металлокерамических сплавов. Крепится наконечник штифтом или винтом.

Свертка без утонения листового материала (корпуса сборных гильз) осуществляется составным пуансоном *5*. Отверстие в нем необходимо для выхода воздуха.

В качестве материала пуансонов используется сталь У10А. Твердость рабочей части пуансона после термообработки HRC 60—62. Для повышения износоустойчивости рабочая часть хромируется на толщину слоя хрома 0,02—0,03 *мм*.

Углеродистая матрица свертки (рис. 24, *а*) имеет фиксирующую часть *1* для установки кружка или кондуктора. Выемка *5* выполняется при больших габаритных размерах матрицы и обеспечивает удобство шлифовки опорного торца или размещение в ней съемника. В первом случае величина (глубина) выемки 0,5—1,0 *мм*, во втором — 15—20 *мм*.

При свертке через две матрицы вторая (нижняя) изготовляется без фиксирующей части и имеет профиль, характерный для вытяжных матриц.

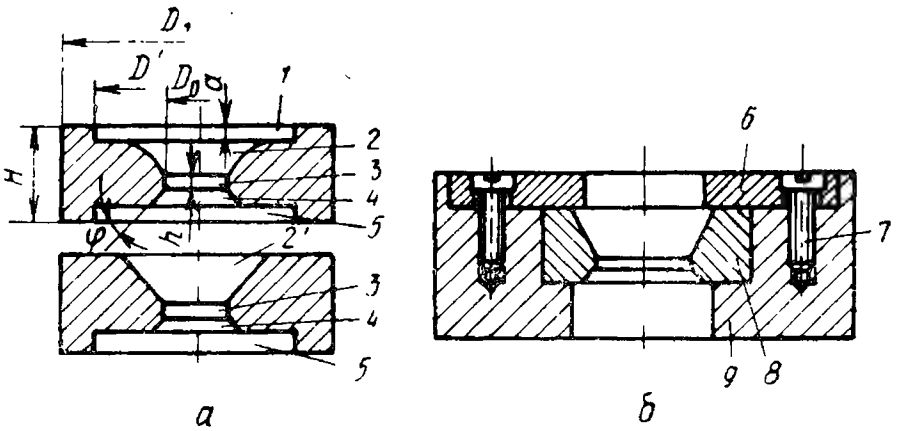

Рис. 24. Матрицы свертки (*а* — углеродистые; *б* — с твердосплавным вкладышем):
1 — фиксирующая часть; *2* — коническо-сферическая рабочая часть; *2'* — коническая рабочая часть; *3* — цилиндрический калибрующий поясок; *4* — фаска; *5* — выемка; *6* — направляющее кольцо; *7* — винт; *8* — вкладыш; *9* — корпус

Материал матриц — стали У10А, У12А, ЭХ12М. Твердость рабочей части матриц после термообработки HRC 62—64. Поверхность хромируют и полируют на толщину слоя хрома 0,02—0,03 *мм*.

Для свертки, особенно стальных изделий, могут быть использованы матрицы с вкладышами *8* (фильерами) из твердого сплава ВК8 (см. рис. 24, *б*). Направляющее кольцо *6* выполняется из сталей 30—50, корпус *9* — из стали 45 с термообработкой. При значительных усилиях свертки корпус можно изготавливать из сталей У8А, У10А с термообработкой.

Принятые размеры различных частей матрицы приведены в табл. 11.

Высота калибрующей части пояска матрицы подсчитывается по формуле

$$h = 0{,}08\sqrt{\sigma_в d},$$

где d — диаметр колпака, *мм*.

Например, при $d=100$ *мм* и $\sigma_в=45$ *кГ/мм*^{2} $h=5$ *мм*. При увеличении высоты h в связи с нарушением условий смазки увеличивается сила трения и возможны обрывы полуфабриката и налипание металла. При уменьшении высоты калибрующей части сила трения значительно снижается, но при этом снижается также и стойкость матриц.

Фаска *4* матрицы облегчает съем полуфабриката с пуансона, так как колпак имеет толстую стенку, свертывается обычно без

утонения и поэтому пружинит в верхней части. Для создания лучших условий съема полуфабриката следует иметь угол $\varphi=0$, но такая конструкция ненадежна в работе и плохо хромируется. Обычно принимают $\varphi=20 \div 45°$.

Таблица 11

Размеры матрицы, мм

Тип гильз	Габаритные размеры матриц		Размеры фиксирующей части	
	Высота H	Наружный диаметр D_1	Глубина a	Диаметр D'
Для стрелкового оружия	20–25	$\frac{2,5D_0}{2,5D_0-(0,3\div0,5)}$	$(0,5\div0,7)T$	$D+(0,10\div0,15)$
Орудийные	$(0,6\div0,8)\,D_0$	$(2,5\div3,0)\,D_0$	$(0,7\div1,0)\,T$	

Примечания: 1. D_0 — диаметр рабочей части матрицы.
2. В числителе — для верхней матрицы, в знаменателе — для нижней матрицы.

Ниже фаски делают расточку (выемку), чем увеличивается момент инерции и повышается прочность матрицы.

Рабочие размеры сверточных пуансонов и матриц определяются исходя из размеров полуфабриката, точности его изготовления, а также требуемой точности инструмента и характеристики имеющегося оборудования.

Важное значение имеет правильный подбор формы ската рабочей части матрицы. Эта сложная задача требует широкого использования данных практики. Матрицы свертки изготовляют по шаблону после подбора профиля опытным путем.

Рис. 25. Формы ската матриц свертки:
а — радиальная; *б* — конусная; *в* — двускатные; *г* — с полууглом притягивания α; *д* — с двумя конусами

Известны пять форм ската матриц. Радиальная (рис. 25, *а*) и конусная (см. рис. 25, *б*) формы применяются для производства гильз стрелкового оружия и пульных оболочек. В этих профилях $R \gg r$ и $\alpha = 66 \div 78°$ (меньшие значения берутся для больших толщин).

Двускатные формы (см. рис. 25, *в*) применяются при больших деформациях полуфабриката, когда одновременно со сверткой осуществляется значительное утонение стенки. Глубокая выемка накапливает смазку и улучшает условия выполнения свертки.

В сверточных матрицах для орудийных гильз рекомендуется использовать профиль с полууглом притягивания $\alpha = 12 \div 20°$.

Сверточные матрицы с двумя конусами (см. рис. 25, *д*), внедренные на немецких заводах, имеют большую активную поверхность и улучшенные условия смазки. Это создает хорошие условия свертки.

При проектировании сверточного инструмента важным вопросом является выбор радиусов закругления торца пуансона и сверточного ребра матрицы.

В случае, когда колпак не подвергается дальнейшей обработке, радиусы закругления на пуансоне и изделии равны, а радиус матрицы составляет $(4 \div 10)\ T$ материала.

Радиус закругления на пуансоне определяется зависимостью $r_п = (0{,}6 \div 1{,}0)\ r_м$.

Таблица 12

Практические зависимости для расчета радиусов закруглений на матрице и пуансоне

T, *мм*	$r_п$	$r_м$
Более 6	$(0{,}25 \div 0{,}30)\ T$	$(0{,}75 \div 1{,}00)\ T$
2—6	$(0{,}5 \div 0{,}7)\ T$	$(1{,}25 \div 1{,}50)\ T$
До 2	$(1{,}2 \div 1{,}8)\ T$	$(1{,}5 \div 3{,}0)\ T$
Орудийные гильзы	$\geqslant 0{,}8\ T$	$\geqslant T$

Радиусы закругления сверточных пуансонов и матриц (табл. 12) оказывают влияние на качество свертываемого колпака. При этом следует иметь в виду, что размер радиуса закругления влияет:

— на величину сверточного усилия. Чем больше радиус матрицы, тем легче происходят свертка и съем колпака и пуансона;

— на количество металла в дне колпака. С увеличением радиуса матрицы наблюдается меньшая утяжка металла из дна;

— на качество свернутого колпака. При большом радиусе пуансона, особенно в сочетании с большим радиусом матрицы,

наблюдается соскальзывание пуансона с кружка, появление разностенности и косины;

— на форму края колпака после свертки, вызывая фестонистость колпака.

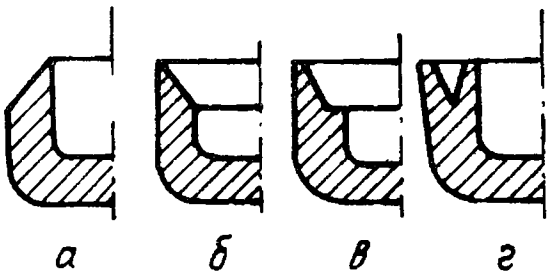

Рис. 26. Фестонистость колпака: *а* — при большом радиусе матрицы и $\alpha > 20°$; *б* — при малом радиусе матрицы и $\alpha < 12°$; *в* — при малом утонении стенки и плавном переходе оптимальных радиусов матрицы; *г* — при большой толщине материала и большом утонении стенки

При большом радиусе матрицы и $\alpha > 20°$ (рис. 26, *а*) происходит легкое течение наружных слоев металла. При малом радиусе матрицы и $\alpha < 12°$ (см. рис. 26, *б*) течение наружных слоев металла затруднено. При малом утонении стенки и плавном переходе оптимальных радиусов матрицы (см. рис. 26, *в*) образуется внутренний кольцевой уступ на торце колпака. При большом утонении стенки и большой толщине материала (см. рис. 26, *г*) наблюдается значительная утяжка наружных и внутренних слоев металла.

§ 3. ШТАМПОВКА КОЛПАКОВ ВЫДАВЛИВАНИЕМ ИЗ КВАДРАТНОЙ И ПРУТКОВОЙ ЗАГОТОВОК

Полые изделия обычно изготовляют из кружка путем его вырубки, свертки и последующих вытяжек. При этом отходы составляют 33% исходного металла. За последние годы разработана новая технология производства изделий калибра до 35 *мм*, включающая следующие операции:

— вырубку квадрата;

— отжиг, травление, промывку и сушку квадрата;

— прямое выдавливание чашечки-колпака;

— отжиг, травление, промывку и сушку колпака;

— последующие вытяжки по существующему технологическому процессу.

Вырубка квадратных заготовок производится в многоместных штампах с отходом 2—4% материала за счет допуска на ширину и некратности длины полосы числу квадратов. При выдавливании углы заготовки скругляются до упора в буртик пуансона *1* (рис. 27). Пуансоны и матрицы из сталей У10А, У12А хромируются на 0,01 *мм*. Разностенность не превышает 0,08 *мм*. Смазка — мыльный раствор 50—60 *Г/л*. При таком варианте технологического процесса ПГП из квадрата получается сразу полуфабрикат первой вытяжки. При этом отпадают операции свертки, отжига, травления.

В настоящее время в практике заводов при изготовлении колпаков из квадратной заготовки вводят операцию скругления квадратов плашками в специальном штампе. После скругления наблюдается наплыв металла в углах заготовки.

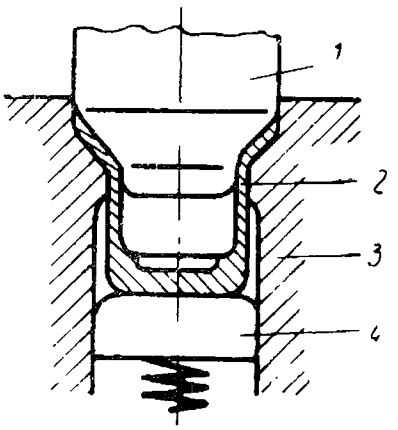

Рис. 27. Установка инструмента на операции выдавливания:
1 — пуансон; *2* — полуфабрикат; *3* — матрица; *4* — выталкиватель

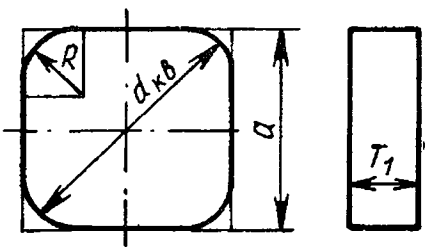

Рис. 28. Скругленная квадратная заготовка

Расчет при этом производят в следующем порядке:

— определяют объем заготовки и условный диаметр кружка;

— подсчитывают размер стороны квадрата, исходя из условия, что площадь квадрата равна площади кружка;

— определяют параметры скругления квадратной заготовки (рис. 28)

$$R = \frac{1}{4}\,a; \qquad T_1 = 1{,}1T,$$

где T — исходная толщина квадрата;

$$d_{кв} = \frac{a}{2}\sqrt{2} + 2R;$$

— рассчитывают площадь $S_{кв}$ боковой поверхности квадратной заготовки и площадь $S_{выд}$ торца колпака-чашечки

$$S_{кв} = 2(\pi R + a)\,T_1; \quad S_{выд} = \frac{S_{кв}}{1 + H_{выд}},$$

где $H_{выд}$ — величина степени деформации при выдавливании ($H_{выд} = 0{,}7 \div 0{,}8$);

— определяют размеры колпака-чашечки (рис. 29)

$$H = h + T; \quad T_{выд} = 0{,}5T = \frac{S_{выд}}{\pi d_{кв}};$$

$$d_0 = d_{п}^{н} + nx; \quad D_0 = d_0 + 2(0{,}5T),$$

где $x = 0{,}2 \div 0{,}3$ *мм*;

$d_п^н$ — диаметр пуансона последней вытяжки в нижнем сечении;

n — число вытяжек.

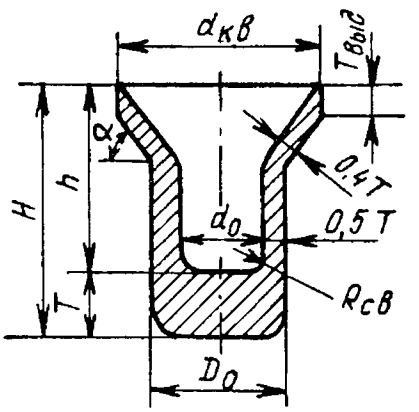

Рис. 29. Размеры колпачка-чашечки

Таблица 13

Виды брака при свертке и выдавливании

Вид брака	Причины
Разностенность и перекос колпака	1. Несоосность пуансона и матрицы вследствие износа направляющей втулки. 2. Неправильная установка питателя. 3. Несоосность фиксирующей и калибрующей частей матрицы. 4. Неправильное профилирование рабочей части сверточного инструмента. 5. Бракованный кружок. 6. Некачественная смазка
Большие фестоны колпака (для гильз стрелкового оружия)	Сильная анизотропия свойств исходного материала
Бесформенность (спрессованность) колпака	Поломка инструмента
Царапины и задиры на боковой поверхности колпака	1. Неоднородность закалки инструмента. 2. Нарушен слой хрома на инструменте. 3. Грязная смазка. 4. Грязь на кружках.
Обрывы дна, стенки и надрывы по сфере колпака	1. Недоброкачественный металл или плохая термообработка перед сверткой. 2. Неправильная форма рабочих частей инструмента.
Колпаки с венчиком и трещинами на торце, с неправильной формой торца	1. Неправильные размеры и форма закруглений на матрице. 2. Отсутствует смазка. 3. Высокая степень деформации.
«Лодочки»	Неточность подачи кружка питателем.

Колпак имеет цилиндрическую форму как по внутреннему, так и наружному диаметрам. Принимается угол $\alpha \approx 45°$;

— осуществляют расчет первой вытяжки с выпрямлением фланца.

Во избежание утечки металла в дно радиус $R_{св}$ должен быть наименьшим.

Высоту чашечки определяют на основе равенства объемов металла квадрата и чашечки, степень деформации — по изменению сечений.

При свертке и выдавливании применяется следующий контрольно-мерительный инструмент:

для заготовок гильз стрелкового оружия

— предельная скоба на высоту колпака;

— проходные (ПР) и непроходные (НЕ) кольца на диаметр колпака;

— индикаторный прибор для измерения разностенности колпака;

— чашка для определения косины;

для заготовок орудийных гильз

— рычажный толщиномер для промера разностенности колпака;

— угольник для определения косины колпака;

— линейка на высоту цилиндрической части колпака.

Виды брака и его причины при свертке и выдавливании приведены в табл. 13.

§ 4. СОВМЕЩЕННАЯ ОПЕРАЦИЯ ВЫРУБКА-СВЕРТКА

Изготовление колпаков из материала толщиной до 3 *мм* производят на прессах двойного действия. Весь процесс вырубки и свертки протекает последовательно: сначала вырубка, а затем

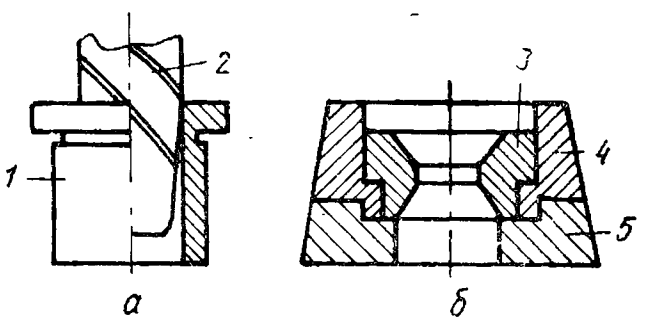

Рис. 30. Пуансоны (*а*) и матрица комбинированного типа (*б*) рабочего инструмента вырубки-свертки:

1 — вырубной пуансон; *2* — сверточный пуансон; *3* — сверточная часть — твердосплавный вкладыш; *4* — вырубное кольцо (сталь У10А); *5* — корпус

свертка. Поэтому все основные положения по вырубке и свертке здесь сохраняют свою силу.

Штамп вырубки-свертки состоит из двух пуансонов и одной матрицы комбинированного типа (рис. 30).

Таблица 14

Виды брака (характерные) при совмещенной операции вырубки-свертки

Вид брака	Причины
Колпак с вырванным краем	1. Полоса с просечками. 2. Полоса не доходит до упора. 3. Длина полосы некратна числу вырубаемых кружков
Сильно перекошенный колпак	Застревание кружка в вырубной матрице
Бесформенный (спрессованный) колпак	1. Поломка сверточного пуансона. 2. Кружок неполной формы
Низкий колпак с риской	Лопнул вкладыш сверточной матрицы

Характерные для вырубки-свертки (помимо обычных для вырубки и свертки) виды брака и их причины приведены в табл. 14.

Глава IV

ПРЕССОВЫЕ ОПЕРАЦИИ

§ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫТЯЖКИ

Вытяжка — операция, при выполнении которой происходит изменение диаметров, толщины стенки и высоты колпака или полуфабриката последующих вытяжек.

В основе производства патронов и гильз разных калибров лежит операция глубокой вытяжки с утонением стенки. При этом для орудийных гильз предпоследняя и последняя вытяжки осуществляются так, чтобы материал корпуса изделия получил определенные механические качества, а все размеры выдерживались с учетом припусков на токарную обработку. От правильности вытяжки зависит процент брака и боевые качества готового изделия.

Пределы изменения толщины стенок, диаметра и, в общем случае, поперечного сечения полуфабриката определяются способностью материала к пластической деформации.

Вытяжка без утонения стенки в ПГП встречается редко — в основном только для изготовления стаканчиков специальных пуль.

На процесс вытяжки с утонением стенки влияют следующие факторы:

— рабочие диаметры пуансонов и матриц, которые определяют зазор (толщину стенки) и степень деформации *;

— угол конусности пуансонов и матриц и плавность перехода конусов на пуансоне;

— радиус скругления пуансона и высота калибрующего пояска матрицы;

— состояние рабочих поверхностей пуансонов и матриц;

— количество матриц для вытяжки;

— качество и способ нанесения смазки;

— скорость вытяжки в конце и начале процесса;

— качество промежуточного отжига.

На качество сверточных и вытяжных операций влияет целый ряд условий, важнейшими из которых являются:

---

* В ПГП в расчетах принято степень деформации называть наклепом.

1. Экономичность технологического процесса, т. е. предельное уменьшение числа операций за счет максимального использования пластичности металла. С уменьшением числа вытяжек сокращается число термических и вспомогательных операций. Однако при определенном числе операций вытяжки нужно стремиться на всех операциях, начиная с первой, выбрать такое уменьшение поперечного сечения полуфабриката, чтобы напряжение в материале не превосходило его сопротивления деформированию.

2. Степень деформации изделия. Большая деформация вызывает разностенность, косину полуфабриката и усиленный износ инструмента.

Разностенность нежелательна в готовом изделии. В гильзах она затрудняет извлечение их из патронника, а в пульных оболочках ухудшает кучность боя пуль.

3. Внешние условия — имеющийся парк прессового оборудования (по усилию, длине хода, производительности), наличие необходимых печей для отжига и т. д.

Только в результате целесообразного сочетания всех факторов и условий можно правильно решить вопрос о количестве и качестве сверточно-вытяжных операций.

РАСЧЕТ ЧИСЛА ВЫТЯЖНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ВЫТЯЖКЕ С УТОНЕНИЕМ СТЕНКИ ПОЛУФАБРИКАТА

При расчете количества операций вытяжки обычно исходят из степени деформации H на этих операциях, включая иногда и операцию свертки,

$$(H_0 + 1)(H_1 + 1)(H_2 + 1)\ldots(H_n + 1) = H_\sigma + 1,$$

где H_σ — суммарная степень деформации на вытяжках и свертке;
H_n — степень деформации на последней вытяжке.

Операцию последней вытяжки следует из расчета исключать, так как при выполнении этой вытяжки степень деформации целиком определяется механическими качествами готовой гильзы. Поэтому поделим обе части равенства на степень деформации на последней вытяжке (H_n+1), приравняв все остальные степени деформации их среднему значению H $(H_0=H_1=H_2=\ldots=H_{n-1}=H_{ср}=H)$,

$$(H + 1)(H + 1)\ldots = \frac{H_\sigma + 1}{H_n + 1}; \qquad (H + 1)^n = \frac{H_\sigma + 1}{H_n + 1};$$

$$n \lg (H + 1) = \lg (H_\sigma + 1) - \lg (H_n + 1).$$

Отсюда получим число вытяжек

$$n = \frac{\lg (H_\sigma + 1) - \lg (H_n + 1)}{\lg (H + 1)}.$$

Для определения количества вытяжек по этой формуле необходимо знать:

— размеры кружка $D_к$, $T_к$;

— размеры готовой гильзы или полуфабриката последней вытяжки $D_п$, $T_п$;

— требуемые механические качества готовой гильзы $\sigma_в$ или величину деформации полуфабриката последней вытяжки H_n;

— среднюю величину деформации на операциях, которую следует выбирать в пределах 0,8—1,2.

В случае пересмотра технологического процесса изготовления гильзы с целью выявления возможности уменьшения числа операций, когда размеры полуфабриката последней вытяжки известны, суммарную степень деформации можно определить по формуле

$$H_\sigma = \frac{S_к - S_п}{S_п} = \frac{D_к T_к}{D_п T_п} - 1.$$

В случае расчета технологического процесса изготовления гильзы заново величина суммарной деформации с достаточным приближением подсчитывается по уравнению

$$H_\sigma = \frac{S_к - S_г}{S_г} = \frac{D_к T_к}{D_г T_г} - 1.$$

где $D_г$ и $T_г$ — диаметр и толщина стенки гильзы по чертежу в рассматриваемом сечении.

РАСЧЕТЫ ЧИСЛА ВЫТЯЖЕК

Количество вытяжных операций можно определить по методу сечений — по степени деформации, которую выдерживает материал за одну операцию без разрушения. При этом сечение исходной заготовки постепенно уменьшается, приближаясь к сечению готового изделия. Исходными данными в этом случае являются:

— площадь боковой поверхности кружка

$$S_к = \pi D_к T_к;$$

— площадь сечения дульцевой части полуфабриката до обжима

$$S_n = \frac{\pi}{4}(D_n^2 - d_n^2),$$

где D_n и d_n — наружный и внутренний диаметры среза дульцевой части.

Расчет производят в такой последовательности:

1. Определяют площади сечения полуфабрикатов на операциях свертки S_0 и всех вытяжек:

$$S_0 = \pi d_0 T_0; \quad S_1 = \pi d_1 T_1; \quad \ldots \quad S_n = \pi d_n T_n.$$

2. Подсчитывают величины деформаций на всех операциях:

$$H_0 = \frac{S_к - S_0}{S_0} = \frac{\pi D_к T_к}{\pi d_0 T_0} - 1 = \frac{S_к}{S_0} - 1;$$

$$H_1 = \frac{S_0 - S_1}{S_1} = \frac{\pi d_0 T_0}{\pi d_1 T_1} - 1 = \frac{S_0}{S_1} - 1;$$

. . . . . .

$$H_n = \frac{S_{n-1} - S_n}{S_n} = \frac{\pi d_{n-1} T_{n-1}}{\pi d_n T_n} - 1 = \frac{S_{n-1}}{S_n} - 1.$$

Отсюда получим:

$$H_0 + 1 = \frac{S_к}{S_0};$$

$$H_1 + 1 = \frac{S_0}{S_1};$$

. . . . . .

$$H_n + 1 = \frac{S_{n-1}}{S_n}.$$

После перемножения правых и левых частей этих равенств получим

$$(H_0 + 1)(H_1 + 1) \ldots (H_n + 1) = \frac{S_к}{S_0} \frac{S_0}{S_1} \ldots \frac{S_{n-1}}{S_n} = \frac{S_к}{S_n}.$$

Поскольку все операции вытяжки происходят в одинаковых условиях (после отжига), операционные деформации можно принять равными между собой и среднему значению

$$H_0 = H_1 = H_2 = \ldots = H_n = H.$$

Тогда имеем

$$(H + 1)^{n+1} = \frac{S_к}{S_n}.$$

3. Определяют число вытяжек.

Из последнего выражения находим:

$$(n + 1) \lg (H + 1) = \lg S_к - \lg S_n; \quad n + 1 = \frac{\lg S_к - \lg S_n}{\lg (H + 1)}.$$

Деформация всегда относится к определенному сечению, а в данном случае — к сечению вверху полуфабриката

$$n + 1 = \frac{\lg S_к - \lg S_n^в}{\lg (H^в + 1)}.$$

Обычно операцию свертки из числа вытяжек исключают, давая ей свою деформацию. Тогда имеем

$$n = \frac{\lg S_0^{в} - \lg S_n^{в}}{\lg (H^{в} + 1)} .$$

Исключив еще и операцию последней вытяжки, имеющую степень деформации, определяемую механическими свойствами гильзы, окончательно получим формулу для подсчета количества вытяжек (без свертки и последней вытяжки)

$$n = \frac{\lg S_0^{в} - \lg S^{в}_{n-1}}{\lg (H^{в} + 1)} .$$

Эту основную формулу можно видоизменить.

Для этой цели определяем суммарную степень деформации за промежуточные вытяжки

$$H_\sigma^{в} = \frac{S_0^{в} - S^{в}_{n-1}}{S^{в}_{n-1}} = \frac{S_0^{в}}{S^{в}_{n-1}} - 1; \qquad H_\sigma^{в} + 1 = \frac{S_0^{в}}{S^{в}_{n-1}}$$

и операционную степень деформации

$$H_1^{в} = \frac{S_0^{в} - S_1^{в}}{S_1^{в}} = \frac{S_0^{в}}{S_1^{в}} - 1; \qquad H_1^{в} + 1 = \frac{S_0^{в}}{S_1^{в}} .$$

Считая эту операционную степень деформации постоянной для всех операций, получим

$$H_\sigma^{в} + 1 = (H_1^{в} + 1)^n.$$

Отсюда определяем число вытяжек:

$$n \lg (H_1^{в} + 1) = \lg (H_\sigma^{в} + 1); \qquad n = \frac{\lg (H_\sigma^{в} + 1)}{\lg (H_1^{в} + 1)} .$$

Можно видоизменить основную формулу и по так называемому русскому методу.

Для этой цели берем выражение для суммарной степени деформации

$$H_\sigma^{в} = \frac{S_0^{в} - S^{в}_{n-1}}{S_0^{в}} = 1 - \frac{S^{в}_{n-1}}{S_0^{в}}; \qquad 1 - H_\sigma^{в} = \frac{S^{в}_{n-1}}{S_0^{в}}$$

и определяем операционную степень деформации

$$H_1^{в} = \frac{S_0^{в} - S_1^{в}}{S_0^{в}} = 1 - \frac{S_1^{в}}{S_0^{в}}; \qquad 1 - H_1^{в} = \frac{S_1^{в}}{S_0^{в}} .$$

Принимая, что операционные степени деформации равны, получим

$$\frac{S^{в}_{n-1}}{S_0^{в}} = 1 - H_\sigma^{в} = (1 - H_1^{в})^n.$$

Отсюда находим формулу для подсчета числа вытяжек:

$$\lg S^{в}_{n-1} - \lg S_0{}^{в} = \lg (1 - H_{\sigma}{}^{в}) = n \lg (1 - H_1{}^{в});$$

$$n = \frac{\lg S^{в}_{n-1} - \lg S_0{}^{в}}{\lg (1 - H_1{}^{в})} \quad \text{или} \quad n = \frac{\lg (1 - H_{\sigma}{}^{в})}{\lg (1 - H_1{}^{в})}.$$

Пример. Определить число вытяжных операций по следующим данным:

$$D_к = 212{,}3 \text{ мм}; \; T_к = 15 \text{ мм}; \; d_0{}^{в} = 104 \text{ мм}; \; H_0{}^{в} = 150\%;$$

$$D_{n-1} = 100{,}8 \text{ мм}; \; d_{n-1}{}^{в} = 99{,}2 \text{ мм}.$$

Подсчитываем исходные величины:

$$S_к = \pi D_к T_к = 10000 \text{ мм}^2;$$

$$S_0{}^{в} = \frac{S}{1 - H_0{}^{в}} = 4000 \text{ мм}^2;$$

$$S^{в}_{n-1} = \frac{\pi}{4} (D^2_{n-1} - d^{в2}_{n-1}) = 250 \text{ мм}^2.$$

Выбираем $H_1{}^{в} = 100\%$, тогда

$$H_{\sigma}{}^{в} = \frac{S_0{}^{в}}{S^{в}_{n-1}} - 1 = 15, \text{ т.е } 1500\%.$$

По русской шкале $H_1{}^{в} = 50\%$, тогда $H_{\sigma}{}^{в} = 93{,}75\%$

$$\left(H_{\sigma}{}^{в} = 1 - \frac{1}{1 + 15} = 1 - 0\ 0625 = 0{,}9375 \right).$$

Определяем число вытяжек:

по сечениям

$$n = \frac{\lg S_0{}^{в} - \lg S^{в}_{n-1}}{\lg (1 + H_1{}^{в})} = 4;$$

по суммарной деформации

$$n = \frac{\lg (1 + H_{\sigma}{}^{в})}{\lg (1 + H_1{}^{в})} = 4;$$

по русскому методу

$$n = \frac{\lg S^{в}_{n-1} - \lg S_0{}^{в}}{\lg (1 - H_1{}^{в})} = 4.$$

РАСЧЕТ УСИЛИЯ ВЫТЯЖКИ

Усилие при вытяжке с утонением стенки рассчитывается по зависимости

$$P = 1{,}2 S_1 \left(A + \frac{\mu k}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \sigma_т \ln \frac{S_0}{S_1},$$

где

$$A = \frac{1}{\cos\alpha} + \frac{\mu}{\cos\alpha} - \frac{\mu k}{\operatorname{tg}\alpha}; \qquad k = \frac{d}{x_{ср}}; \qquad x_{ср} = \frac{D - d_1}{2};$$

S_0, S_1 — начальная и конечная площади поперечного сечения;
μ — коэффициент трения;
α — половина угла конусности матриц;
D — диаметр заготовки или полуфабриката предыдущей операции;
d_1 — диаметр матрицы; d — диаметр пуансона;
$\sigma_т$ — предел текучести металла при данной степени деформации.

Расчет усилия вытяжки надо вести по нижнему сечению полуфабриката, при деформации которого возникают наиболее трудные условия для работы пресса.

РАБОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ ОПЕРАЦИИ ВЫТЯЖКИ

Операции вытяжки осуществляются с помощью пуансонов, матриц, а также различных съемников и крепежных деталей.

Вытяжные пуансоны

Вытяжные пуансоны, также как и сверточные, состоят из двух частей: рабочей и крепежной. Формы рабочей части пуансонов бывают трех типов (рис. 31):

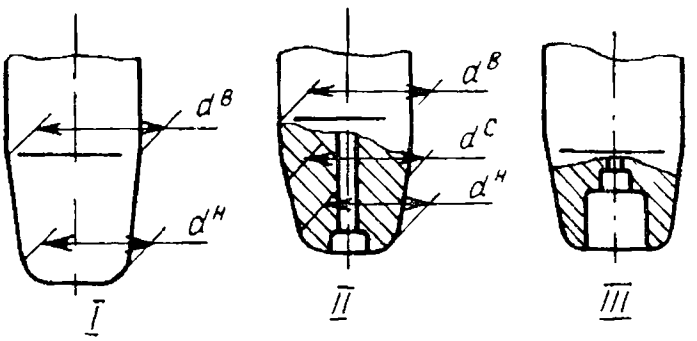

Рис. 31. Формы рабочей части пуансонов вытяжки

— тип I имеет один конус и применяется на первых операциях вытяжек гильз и на вытяжках пульных оболочек;

— тип II с двумя или тремя конусами используется на последних вытяжках гильз. Сквозное отверстие обеспечивает выход воздуха и смазки из полуфабриката, в противном случае возможно раздутие изделия воздухом, запертым в донной части полуфабриката;

— тип III применяется для производства гильз в случаях, когда между вытяжками включается операция осадки дна, во время которой на полуфабрикате образуется сосок.

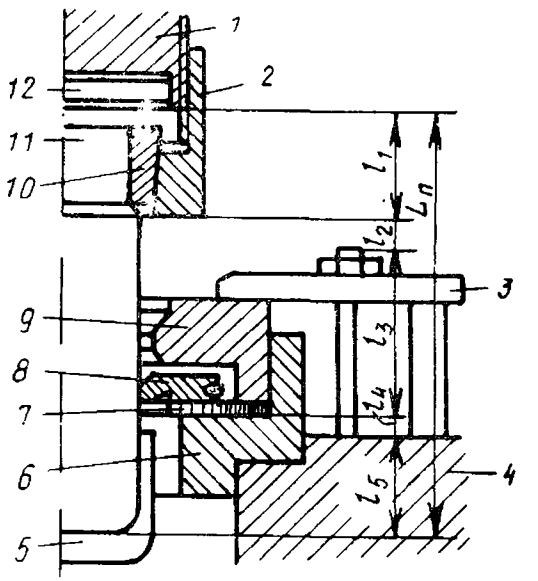

Рис. 32. Установка инструмента на операции вытяжки:
1 — штуцер; *2* — гайка; *3* — скоба крепления; *4* — стол пресса; *5* — полуфабрикат; *6* — колодка; *7* — кольцо; *8* — съемник; *9* — матрица; *10* — разрезной конус; *11* — пуансон; *12* — шашка

При вытяжке гильз стрелкового оружия пуансоны крепятся сухарем непосредственно в ползуне пресса, для вытяжки орудийных гильз — при помощи штуцера *1* (рис. 32), гайки *2* и разрезного конуса *10*, а для очень крупных калибров — шпилькой с клином.

Длина пуансона определяется по формуле

$$L_п = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5,$$

где l_1 — длина крепежной части (по нормалям заводов);

l_2 — зазор между креплениями матрицы и пуансона с учетом припуска на реставрацию пуансона и величины регулировки закрытой высоты пресса; $l_2 = 20 \div 30$ и $50 \div 70$ *мм* для свертки и вытяжки соответственно;

l_3 — высота матрицы, съемника и их крепления (по нормалям заводов);

l_4 — величина проталкивания полуфабриката за съемник; $l_4 = 5 \div 10$ и до 50 *мм* для механических и гидравлических прессов соответственно;

l_5 — длина рабочей части пуансонов.

Величина l_5 подсчитывается по выражению

$$l_5 = l_{пф} - T_{дна\ пф},$$

где $T_{дна\ пф}$ и $l_{пф}$ — толщина дна и длина полуфабриката.

Материал пуансонов — стали У8А, У10А. После термообработки твердость рабочей части HRC 59—61, крепежной части HRC 35—45. Рабочая часть хромируется на толщину слоя хрома 0,02—0,03 *мм*.

Направляющая часть *1* (рис. 33) такой матрицы обеспечивает центровку полуфабриката относительно инструмента. Ее высота h (в *мм*) равна высоте a скругленной части полуфабриката, увеличенной на 10—20 *мм*,

$$h = a + (10 \div 20).$$

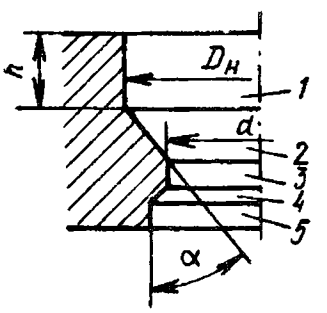

Рис. 33. Профиль вытяжной матрицы для орудийных гильз:
1 — направляющая (входная) часть; *2* — скат (рабочая часть); *3* — калибрующий цилиндрический поясок; *4* — фаска; *5* — выточка

Диаметр направляющей части $D_н$ должен быть по возможности минимальным, так как чем меньше зазор между направляющей частью матрицы и полуфабрикатом, тем точнее центруется полуфабрикат. Однако слишком малый диаметр $D_н$ может привести к заклиниванию полуфабриката и обрывам в результате увеличения сил трения. Принимают

$$D_н = d_{n-1} + (0{,}3 \div 0{,}8),$$

где d_{n-1} — диаметр предыдущего полуфабриката, *мм*.

Рекомендуют также

$$D_н = D_{n-1_{max}} + 2\rho + \Delta d,$$

где

$$\Delta d = d_{n-1} - d_n;$$

$D_{n-1_{max}}$ — диаметр матрицы предыдущей вытяжки;

ρ — допускаемая разностенность на данной операции;

d_{n-1} и d_n — диаметры пуансонов предыдущей и данной вытяжек.

В случае применения двух или более матриц направляющую часть имеет только верхняя матрица.

Профиль ската матрицы определяется углом вытяжки α и может быть радиальным или прямолинейным. При радиальном профиле усилие вытяжки, по сравнению с усилием при прямолинейном профиле, возрастает на 10—20% и повышается износ матриц.

Прямолинейный профиль является основным в ПГП. Его легче изготовить, чем радиальный.

При конструировании матриц необходимо учитывать, что с увеличением угла вытяжки α:

— увеличивается неравномерность деформации. Образующиеся в полуфабрикате большие остаточные напряжения обусловливаются соотношением толщин стенок полуфабриката последующей t_i и предыдущей t_{i-1} вытяжек. Чем больше величина отношения $\frac{t_i}{t_{i-1}}$, тем меньше остаточное напряжение (рис. 34);

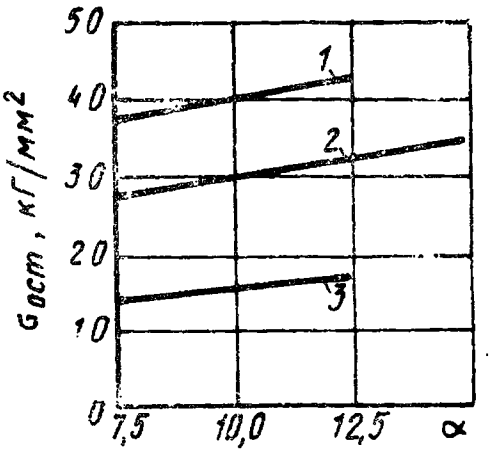

Рис. 34. Зависимость остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ в полуфабрикате от угла вытяжки α:

1 — при $\frac{t_i}{t_{i-1}}=0{,}67$; *2* — при $\frac{t_i}{t_{i-1}}=0{,}80$; *3* — при $\frac{t_i}{t_{i-1}}=0{,}94$

— уменьшаются поверхность трения между металлом и инструментом и силы трения;

— затрудняется течение металла через вытяжное ребро матрицы, увеличивается усилие вытяжки.

Оптимальный угол α зависит от степени обжатия полуфабриката: чем больше требуемое обжатие, тем больше угол α.

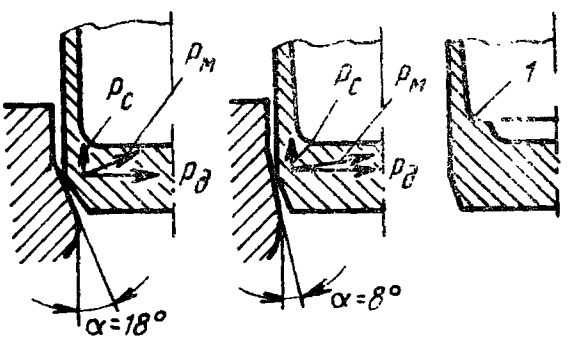

Рис. 35. Влияние угла α на утяжку металла из дна полуфабриката:
$P_с$ — усилие, утягивающее металл в стенки; $P_д$ — усилие, накапливающее металл в дне; $P_м$ — реакция матрицы; *1* — уступ

С уменьшением угла α благодаря росту силы $P_д$ (рис. 35) увеличивается накопление металла в дне полуфабриката. Таким образом, в процессе вытяжки можно набрать металл в дно, уменьшая

угол α. При этом уменьшается усилие вытяжки. В этом случае характерно образование на полуфабрикате уступа *1* — сила $P_д$ сжимает металл дна и отделяет его от торца пуансона.

В практике ПГП углы α принимаются в пределах 8—22°. С целью уменьшения утяжки металла из дна полуфабриката на первых операциях вытяжки рекомендуют $\alpha = 8 \div 12°$, а для последних операций берут $\alpha = 14 \div 18°$.

Чтобы снизить возникшую ранее разностенность изделий, целесообразно уменьшить угол вытяжки на матрицах последней операции. В этом случае предлагается для первых вытяжек брать угол $\alpha = 15 \div 18°$, для последней $\alpha = 10 \div 12°$.

Габаритные размеры матриц следует определять по зависимостям:

$$D = (2 \div 3)\, d; \qquad H = (0{,}5 \div 0{,}7)\, d.$$

Вытяжные матрицы для гильз стрелкового оружия

Форма рабочей части этих матриц аналогична форме рабочей части матриц для орудийных гильз. Очень редко применяют радиусную рабочую часть. Направляющую часть имеют только верхние матрицы. Иногда направляющей частью служат цилиндрические сменные кольца.

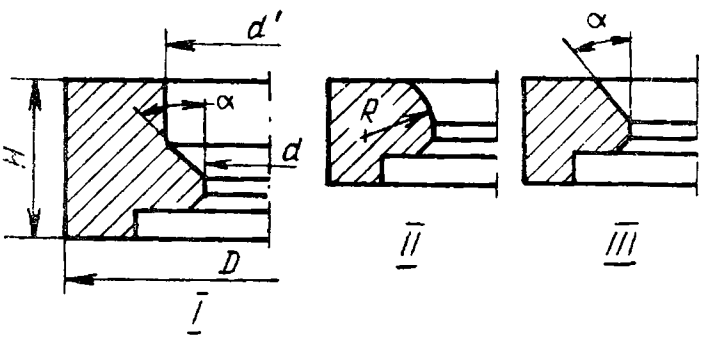

Рис. 36. Типы вытяжных матриц для гильз стрелкового оружия

Известны три типа вытяжных матриц для гильз стрелкового оружия (рис. 36). В матрице первого типа диаметр направляющей части d' равен диаметру калибрующей части d предыдущей матрицы, увеличенному на коэффициент m, учитывающий упругие деформации и износ матриц,

$$d_i' = d_{i-1}(1 + m).$$

где $m = (0{,}008 \div 0{,}012)$.

Обычно габаритные размеры матриц определяются применительно к заводским нормалям в соответствии с размерами сущест-

вующего на заводе оборудования и находятся в пределах: $D = (2{,}75 \div 3{,}25)d$; $H = 10 \div 20$ *мм*.

Второй и третий типы матриц в основном применяются для последних вытяжек.

Конический скат матрицы (наиболее простой в изготовлении), также как и для орудийных гильз, является основным.

Угол α конусной рабочей части матрицы должен обеспечить вхождение в матрицу полуфабриката предыдущей вытяжки примерно на половину высоты рабочей части матрицы h_1 (рис. 37)

$$a = (0{,}4 \div 0{,}5)\, h_1.$$

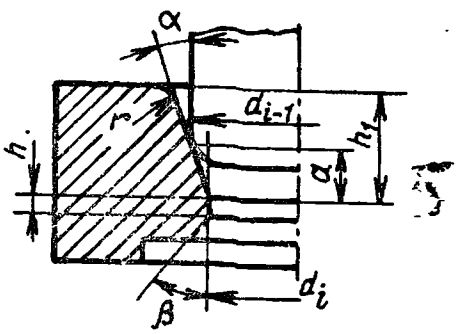

Рис. 37. Рабочий профиль матрицы

Тогда

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{d_{i-1} - d_i}{2a}$$

и, зная угол α, получим

$$a = \frac{d_{i-1} - d_i}{2 \operatorname{tg}\alpha}.$$

Обычно принимают $2\beta = 90 \div 120°$; $h = 1 \div 2$ *мм*; $r = 0{,}2 \div 0{,}3$ *мм*.

Матрицы для гильз стрелкового оружия изготовляют целыми из углеродистой стали или с вкладышами из металлокерамических сплавов. В настоящее время вкладыши применяют и для матриц орудийных гильз.

Установка вытяжных матриц обычно «плавающая» (в горизонтальной плоскости не крепятся) и окончательное центрование их производится пуансоном с полуфабрикатом в момент рабочего хода.

Целые матрицы изготавливают из углеродистой стали марок У10А—У12А с последующим хромированием рабочей и направляющей частей, твердость HRC 60—64.

Матрицы с вкладышами из металлокерамических сплавов ВК6, ВК8 имеют рубашку из стали 45—50.

Съемники

Для снятия вытяжных изделий с пуансона применяют специальные устройства — съемники различных типов (рис. 38).

Тип I — матрица имеет фаску на выходе из калибрующего кольца и полуфабрикат снимается при обратном ходе пуансона.

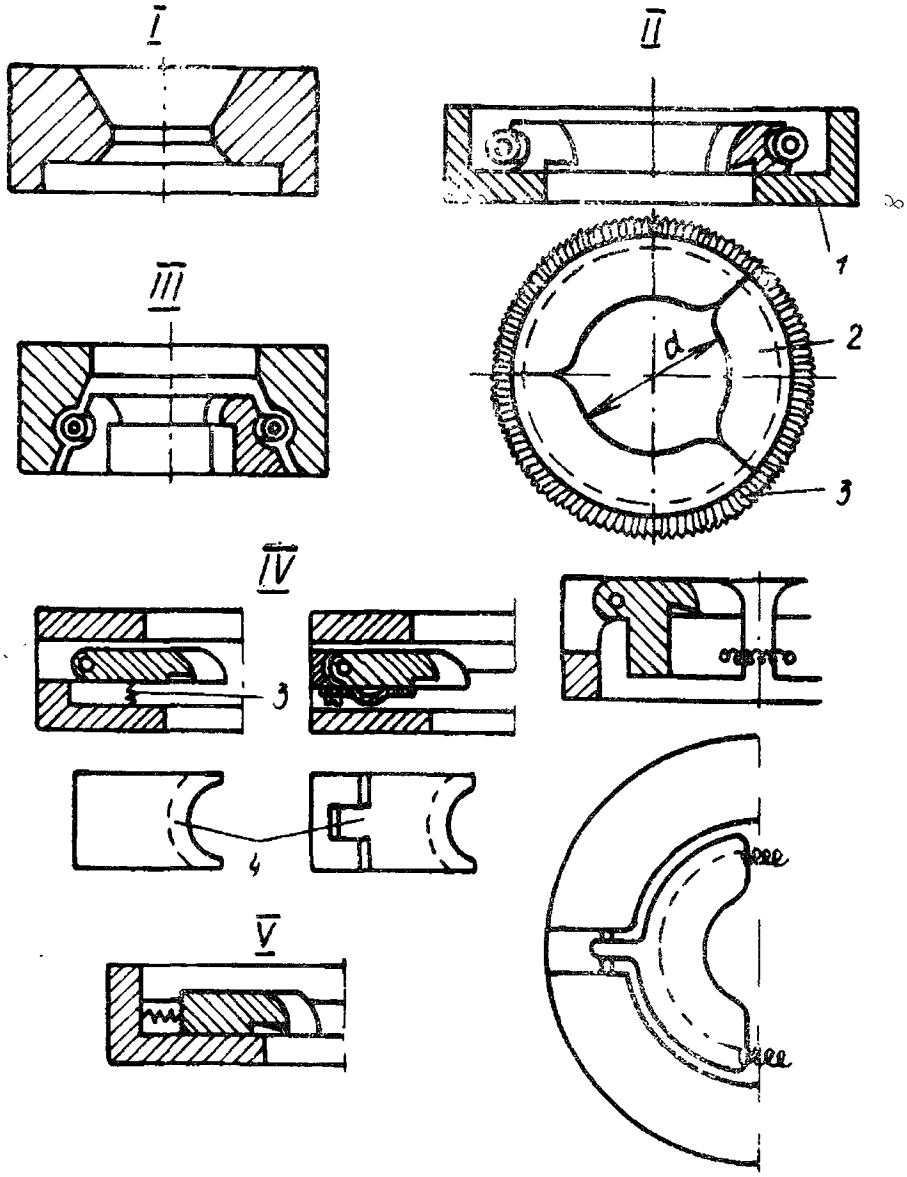

Рис. 38. Съемники:
1 — корпус; *2* — сектор; *3* — пружинка; *4* — кулачки

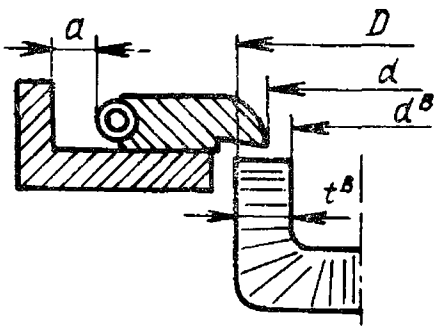

Рис. 39. Расчетная схема съемника

Такая конструкция рекомендуется для изделий с толстыми стенками и при вытяжке без утонения стенки.

Тип II — секторный съемник, применяется при производстве любых изделий, прост и дешев. Недостаток — низкая стойкость.

Тип III — секторный конусный съемник, широко применяется на всех заводах, аналогичен типу II.

Тип IV — кулачковый съемник, используется на последних вытяжках, очень надежен в работе.

Тип V — движковый съемник, может быть использован на свертке.

Рабочий диаметр кольца d (рис. 39) съемника определяется зависимостью

$$d = d^{в} \div (d^{в} + t^{в}).$$

Меньшие значения берутся для последних вытяжек. Таким образом, с каждой стороны съемник должен захватывать не менее половины толщины стенки полуфабриката.

Зазор (в *мм*) в корпусе съемника

$$a = \frac{D - d^{в}}{2} + (1{,}0 \div 1{,}5).$$

Величина a соответствует ходу секторов при вытяжке. Наружный диаметр корпуса съемника равен диаметру корпуса матрицы. Съемная фаска делается острой, а все прочие переходы — со скруглением, чтобы не портить поверхность проходящих изделий. Пружины съемников должны быть высококачественными, плохие пружины могут быть причиной поломки съемника и инструмента.

Расчет матриц на прочность

По характеру действующих усилий матрицы работают на разрыв (рис. 40). Усилия, воспринимаемые матрицей, равномерно распределяются по ее внутреннему периметру и могут быть выражены двумя составляющими — сосредоточенными силами P_0. Матрицу можно также рассматривать как кривой замкнутый брус с двумя сосредоточенными нагрузками, причем внутренние волокна ее будут испытывать сжатие, а наружные — растяжение.

Радиальное удельное давление, вызываемое усилием вытяжки, найдем по зависимости

$$q = \frac{P_D}{\pi dh},$$

где πdh — внутренняя рабочая поверхность матрицы, воспринимающая усилие вытяжки P_D.

Сосредоточенную нагрузку, стремящуюся разорвать матрицу, определим по выражению

$$P_0 = dhq.$$

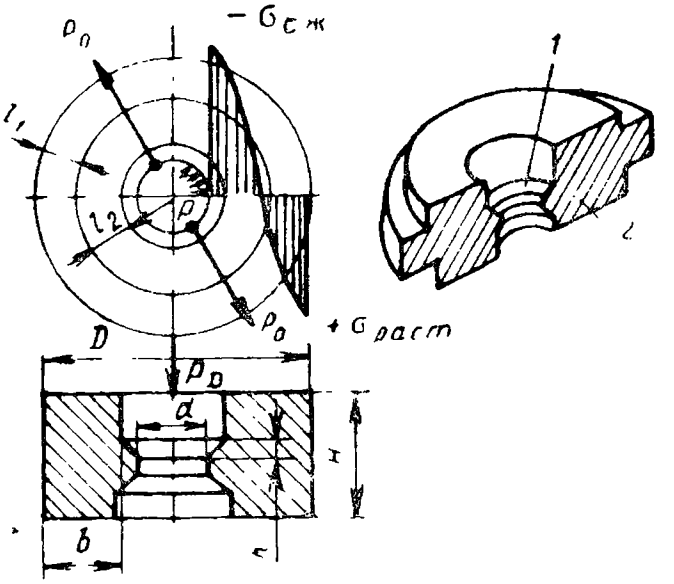

Рис. 40. Расчет матриц на прочность:
1 — поверхность, воспринимающая давления;
2 — поверхность сопротивления разрыву

Сопротивление матрицы разрыву можно представить в виде

$$\sigma = \frac{P_0}{2bH} \leqslant [\sigma_z].$$

Считая матрицу кривым брусом, находим максимальное напряжение на сжатие

$$\sigma_{сж} = \frac{P_0 r^2}{(Fr^2 + J)\pi}\left(\frac{Fr^2}{J}\,\frac{l_2}{(r - l_2)} - 1\right).$$

Максимальное напряжение на растяжение будет иметь вид

$$\sigma_{раст} = \frac{P_0 r^2}{(Fr^2 + J)\pi}\left(\frac{Fr^2}{J}\,\frac{l_1}{(r + l_1)} + 1\right),$$

где $r = \frac{D+d}{4}$ — радиус кривизны бруса;

$F = bH$ — площадь поперечного сечения матрицы;

$J = \frac{Hb^3}{12}$ — осевой момент инерции сечения;

$$b = \frac{D - d}{2}, \qquad l_1 = l_2 = \frac{b}{2}.$$

Решая оба уравнения (на сжатие и растяжение), можно установить, что внутренняя часть матрицы испытывает большее напряжение, чем наружная. Следовательно, наиболее опасными являются напряжения сжатия. По этим напряжениям и ведут расчет прочности матрицы.

Практикой установлено, что обычно разрушение матриц происходит по внутренней поверхности и лишь спустя некоторое время трещины выходят наружу. При этом слышен характерный треск.

Пример. Рассчитать вытяжную матрицу на прочность по следующим данным: $P_D = 80$ *т*; $D = 320$ *мм*; $d = 140$ *мм*; $H = 75$ *мм*; $h = 25$ *мм*; материал матрицы сталь У10А; $[\sigma_z] = 3500$ *кГ/см*^{2}.

Определим удельное давление при вытяжке

$$q = \frac{30000}{14 \cdot 2{,}5\pi} = \frac{80000}{110} = 730 \text{ кГ/см}^2.$$

Найдем разрывающее усилие

$$P_0 = 14 \cdot 2{,}5 \cdot 730 = 25550 \text{ кГ}.$$

Подсчитаем напряжение разрыва матрицы

$$\sigma = \frac{25550}{2 \cdot 9 \cdot 7{,}5} = \frac{25550}{135} = 190 \text{ кГ/см}^2.$$

Вычислим значения радиуса r, площади F, момента J и других величин, необходимых для определения напряжения сжатия и растяжения:

$$r = \frac{32 + 14}{4} = 11.5 \text{ см}; \qquad r^2 = 132 \text{ см}^2;$$

$$b = \frac{32 - 14}{2} = 9 \text{ см}; \qquad l_1 = l_2 = 4{,}5 \text{ см};$$

$$F = bH = 9 \cdot 7{,}5 = 67{,}5 \text{ см}^2;$$

$$J = \frac{Hb^3}{12} = \frac{7{,}5 \cdot 9^3}{12} = 457 \text{ см}^4.$$

Определим напряжения сжатия и растяжения:

$$\sigma_{сж} = \frac{25550 \cdot 132}{(67{,}5 \cdot 132 + 457)\pi}\left(\frac{67{,}5 \cdot 132}{457}\,\frac{4{,}5}{11{,}5 - 4{,}5} - 1\right) = 1500 \text{ кГ/см}^2;$$

$$\sigma_{раст} = 750 \text{ кГ/см}^2.$$

ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВЫТЯЖКЕ

При вытяжке достигается следующая точность изготовления изделий:

по внутреннему диаметру — 3—4-й класс,

по наружному диаметру — 5—7-й класс,

по толщине стенки — 5—8-й класс.

Величина допуска на разностенность:

для гильз стрелкового оружия 0,06—0,15 *мм*;

для орудийных гильз 0,1—0,4 *мм*.

Величина допуска на разностенность уменьшается от первых вытяжек к последней и от низа к верху гильзы. Измерение разностенности внизу корпуса производится на всех вытяжках, кроме свертки.

Величину разностенности на последней вытяжке орудийных гильз рекомендуется брать: вверху — на 10% меньше допуска на толщину стенки изделия (в пределах 0,1—0,2 *мм*), внизу — на 25% меньше допуска на толщину стенки готового изделия (в пределах 0,2—0,4 *мм*).

КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ НА ВЫТЯЖКЕ

При вытяжке гильз стрелкового оружия проверяют:

кривизну (горбатость) полуфабриката — специальной каморой;

диаметр полуфабриката — кольцами ПР и НЕ;

разностенность полуфабриката и толщину стенки при последней вытяжке — индикаторными приборами;

высоту полуфабриката — скобами ПР и НЕ.

При вытяжке орудийных гильз производят:

визуальный наружный осмотр поверхности (при последней вытяжке — сплошной);

проверку степени деформации (износа инструмента) — выборочным кернением;

проверку косины — угольником;

проверку разностенности — ручным рычажным толщиномером.

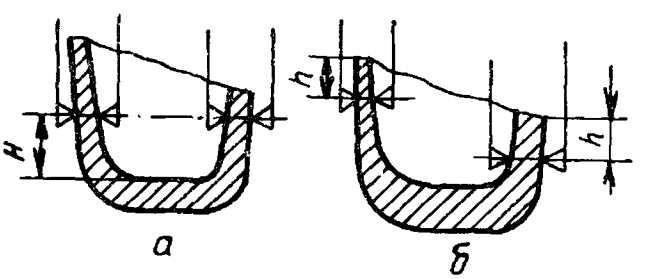

Рис. 41. Правило проверки разностенности:
а — правильно; *б* — неправильно

На последней и предпоследней вытяжках разностенность проверяют индикаторным или стрелочным прибором. Замеры необходимо делать в одном сечении, на одном уровне от внутренней поверхности дна полуфабриката (рис. 41, *а*).

Виды и причины брака при вытяжке приведены в табл. 15.

Таблица 15

Виды брака при вытяжке

Вид брака	Причины
Разностенность и косина	1. Несовпадение осей пуансона и матрицы. 2. Косой или узкий цилиндрический поясок матрицы. 3. Косой и разностенный полуфабрикат предыдущей вытяжки. 4. Перекос ползуна в направляющих пресса
Царапины на наружной поверхности	1. Налипание металла на рабочую часть матрицы вследствие плохой термообработки или некачественного хромирования и доводки инструмента. 2. Не притуплены кромки съемника. 3. Грязная смазка или полуфабрикат
Царапины на внутренней поверхности	1. Плохое хромирование или разрушение слоя хрома. 2. Попадание в полуфабрикат «крошек» при автоматической обрубке гильз, особенно стальных
Трещины на последней вытяжке	1. Недостаточный отжиг полуфабриката. 2. Высокий наклеп. 3. Разностенность
Обрывы дульцевой части или несоответствие чертежу диаметра и высоты полуфабриката	1. Высокий наклеп. 2. «Строгая» матрица или «полный» пуансон
Уступ у дна на последней вытяжке	1. Фигуры пуансонов на вытяжках не вписываются друг в друга. 2. Толстое дно полуфабриката сравнительно с толщиной стенок. 3. Чрезмерное уменьшение угла вытяжки на матрице в процессе искусственного накопления металла в дне изделия
Кривизна (горбатость)	Неравномерный отжиг

§ 2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ШТАМПОВОГО ВЫТЯЖНОГО ИНСТРУМЕНТА

Основными параметрами технологии вытяжных операций ПГП являются:

сечения S, толщины стенок T и длины L полуфабрикатов на всех переходах;

операционные и суммарные степени деформации H;

коэффициенты деформаций Δ и ε (обжатие);

рабочие диаметры D и d штампового инструмента;

длины и радиусы пуансонов l и R.

Рассчитать эти параметры можно двумя способами:

1) сначала определить пооперационные размеры обрабатываемого полуфабриката, а затем, базируясь на эти размеры, вести расчет штампового инструмента;

2) определить исполнительные размеры рабочего вытяжного инструмента, исходя из размеров полуфабриката последней вытяжки.

Наиболее правильно и рационально производить расчет по второму способу, так как в технологии ПГП главным образом инструмент обеспечивает размеры полуфабриката.

Размеры инструмента последней и предпоследней вытяжек рассчитывают с учетом:

зазоров готового изделия по приемной каморе;

степени деформации на обжиме с целью получения готового изделия необходимых размеров и механических свойств в дульцевой части;

пружинистости полуфабриката и инструмента на последней вытяжке.

Определив инструмент последней вытяжки, расчет всего инструмента предшествующих операций проводят без учета некоторого искажения полуфабриката, не влияющего на размеры и качество готового изделия.

Итак, правильный порядок расчета элементов технологии вытяжных операций следующий:

— расчет размеров полуфабриката последней вытяжки с учетом всех видов пружинистости и допусков на рабочий инструмент;

— увязка размеров инструмента и механических качеств изделия на операции обжима с соответствующими размерами и механическими качествами на последней вытяжке (это особенно важно для стальных изделий);

— расчет размеров инструмента последней и предпоследней вытяжек;

— определение размеров остального инструмента технологического процесса вытяжных операций.

Исходные данные для расчетов: размеры заготовки, чертежные размеры и механические качества готового изделия, материалы изделия и инструмента последней вытяжки.

Существуют три метода расчета: по изменению сечений (метод НИИ), толщины стенки (метод Дугрумаджи) и длины (метод Коломбинского). Наиболее современным является метод расчета по сечениям.

ПОРЯДОК РАСЧЕТА ПО ИЗМЕНЕНИЮ СЕЧЕНИЙ

1. *Определение толщин стенок полуфабриката последней вытяжки вверху* $T_п^{в}$, *в середине* $T_п^{с}$ *и внизу* $T_п^{н}$. Осуществляется исходя из чертежа изделия с учетом:

допусков на износ и изготовление инструмента;

пружинистости полуфабриката и инструмента;

разностенности полуфабриката (часть допуска на толщину стенки полуфабриката);

утолщения стенки на обжиме;

припуска на расточку дульца.

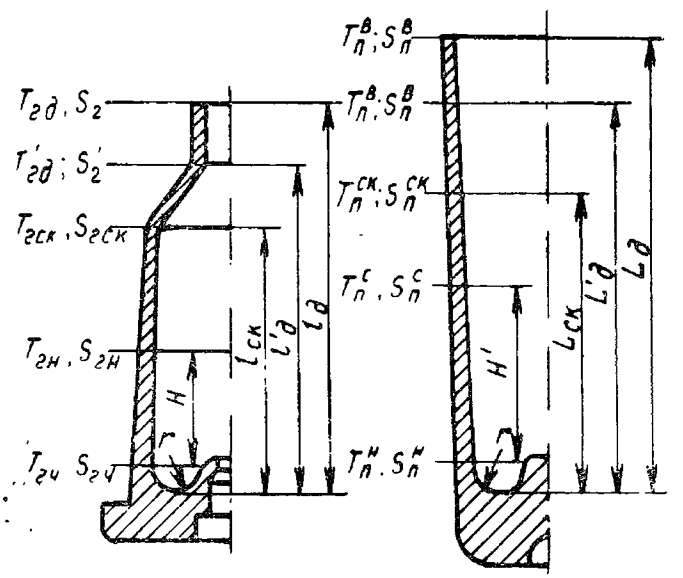

Рис. 42. Расчетные размеры к методу сечений

Толщину стенки $T_п^{в}$ (рис. 42) в дульцевой части определяем по зависимости

$$T_п^{в} = \left(T^{в}_{г\,min} + \frac{\rho}{2} + p\right) u_t,$$

где $T^{в}_{г\,min}$ — толщина стенки гильзы,

$$T^{в}_{г\,min} = T_г^{в} - \Delta T_г;$$

ρ — разностенность ($\rho = 0{,}1 \div 0{,}2$ *мм*);

p — припуск на расточку дульца ($p = 0{,}3 \div 0{,}5$ *мм*);

u_t — коэффициент, учитывающий утолщение стенки на обжиме,

$$u_t = \sqrt{\frac{d_д}{D_{п\,фл}}};$$

$\Delta T_г$ — допуск на толщину стенки гильзы.

Допуски на толщину стенки берутся по системе вала: вверху — по 7-му классу точности, в середине и внизу — по 8-му.

Толщину стенки в нижней части корпуса найдем по выражению

$$T_п^н = T^н{}_{г\,min} - \frac{\Delta\varepsilon}{2} - \frac{\rho}{2} - \frac{\delta_м}{2},$$

где $\Delta\varepsilon$ — суммарный допуск на износ и изготовление пуансона и матрицы;

$\rho = 0{,}2 \div 0{,}4$ *мм*;

$\delta_м$ — величина пружинистости матрицы. Для матрицы с бандажом или твердосплавной $\delta_м = 0$, для целой углеродистой $\delta_м = 0{,}05$ *мм*.

Толщину стенок можно определять и по следующим формулам:

$$T_п^в = \left(T^в{}_{г\,min} + \frac{\rho}{2} + p - \frac{\delta_м}{2}\right) u_t;$$

$$T_п^с = T^с{}_{г\,min} + \frac{\rho}{2} - \frac{\delta_м}{2}; \quad T_п^н = T^н{}_{г\,min} + \frac{\rho}{2} - \frac{\delta_м}{2}.$$

Разностенность внизу гильз калибра до 100 *мм* достигает $\rho = 0{,}5$ *мм*, для гильз большего калибра $\rho = 0{,}6$ *мм*.

Для стальных гильз толщину стенки полуфабриката последней вытяжки следует рассчитывать по размерам до оцинковки.

2. *Определение рабочих диаметров пуансона и матрицы последней вытяжки.* Исходные данные — диаметр гильзы под фланцем $D_{п\,фл}$ (рис. 43) и толщина стенки полуфабриката последней вытяжки.

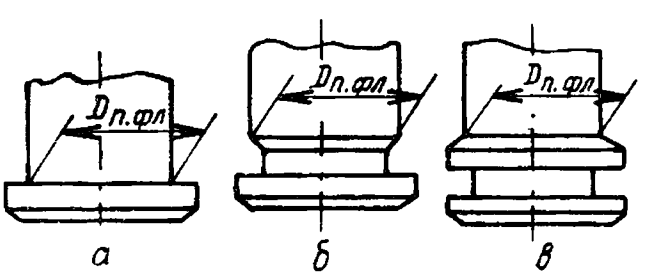

Рис. 43. Диаметр под фланцем разных типов гильз:
а — I и III типов; б — II типа; в — IV типа

Диаметр матрицы последней вытяжки $D_п$ подсчитываем по зависимости

$$D_п = D_{п\,фл}\,\eta,$$

где η — коэффициент, учитывающий пружинистость полуфабриката и инструмента. При $D_{п\,фл}=70 \div 110$; $110 \div 150$ и более 150 *мм* $\eta=0{,}993 \div 0{,}994$; $0{,}994 \div 0{,}995$ и 0,996 соответственно.

По данным Пущина

$$D_п = D_{п\,фл} - 0{,}007\, D_{п\,фл}.$$

Диаметры пуансона $d_п$ находим по соотношениям:

$$d_п^{в} = D_п - 2T_п^{в}; \quad d_п^{с} = D_п - 2T_п^{с}, \quad d_п^{н} = D_п - 2T_п^{н}.$$

3. *Определение площадей сечений полуфабриката последней вытяжки вверху* $S_п^{в}$, *в середине* $S_п^{с}$ *и внизу* $S_п^{н}$ (см. рис. 42):

$$S_п^{в} = \frac{\pi}{4}(D_п^2 - d_п^{в^2}); \qquad S_п^{в} = \pi(D_п - T_п^{в})\,T_п^{в};$$

$$S_п^{с} = \frac{\pi}{4}(D_п^2 - d_п^{с^2}); \qquad S_п^{с} = \pi(D_п - T_п^{с})\,T_п^{с};$$

$$S_п^{н} = \frac{\pi}{4}(D_п^2 - d_п^{н^2}), \qquad S_п^{н} = \pi(D_п - T_п^{н})\,T_п^{н}.$$

4. *Предварительное определение площади сечения* $S_0^{в}$ *полуфабриката свертки вверху:*

$$H_0^{в} = \frac{S_к - S_0^{в}}{S_0^{в}} = \frac{S_к}{S_0^{в}} - 1; \qquad H_0^{в} + 1 = \frac{S_к}{S_0^{в}}; \qquad S_0^{в} = \frac{S_к}{H_0^{в} + 1}$$

где $S_к = \pi D_к T_к$ — площадь боковой поверхности кружка.

Степень деформации на свертке вверху устанавливается в пределах $H_0^{в} = 150 \div 200\%$.

5. *Определение числа операций вытяжки:*

$$n = \frac{\lg S_0^{в} - \lg S_п^{в}}{\lg (H_{оп}^{в} + 1)},$$

где $H_{оп}^{в} \leqslant 150\%$.

При получении дробного числа его следует округлять до целого в большую сторону, кроме случая, когда значение n превышает целое число на 0,1 и меньше. В этом случае округление осуществляется в меньшую сторону. Такое округление необходимо для получения на вытяжках нормальных степеней деформации, что обуславливает спокойное течение операций и предупреждает появление обрывов полуфабриката. После определения числа $n_{окр}$ производят перерасчет операционной степени деформации для получения ее действительного значения

$$\lg (H_{оп}^{в} + 1) = \frac{\lg S_0^{в} - \lg S_п^{в}}{n_{окр}}.$$

6. *Определение степеней деформации* $H_{п}^{в}$, $H_{п}^{с}$ *и* $H_{п}^{н}$ *на последней вытяжке.*

Выполняется по таблицам и диаграммам, исходя из технических условий на механические свойства, обеспечивающие прочность и нормальное извлечение гильз после выстрелов.

Некоторую особенность имеет метод определения деформации для верхнего сечения полуфабриката. Необходимо учесть, что высокая степень деформации на обжиме значительно влияет на механические качества дульца гильзы. В технологический процесс изготовления всех орудийных латунных и стальных гильз стрелкового оружия вводится операция отжига дульца перед обжимом, снимающая наклеп последней вытяжки. Учитывая это, степень деформации для верхнего сечения полуфабриката последней вытяжки назначают не по механическим качествам, а ориентируясь на практику отечественных заводов. Для латунных гильз рекомендуется $H^{в}_{п}=50 \div 80\%$.

Некоторые стальные орудийные гильзы, имеющие малую бутылочность, не подвергаются отжигу дульца. В этом случае полуфабрикат после обжима будет иметь в дульцевой части от последней вытяжки и обжима суммарную степень деформации $H^{в}_{мех}$, которая должна обеспечить заданные чертежом механические свойства дульца. Таким образом, для стальных гильз по $\sigma_{в}^{в}$ определяют $H^{в}_{мех}$ и, вычислив деформацию на обжиме $H^{в}_{обж}$, рассчитывают деформацию в верхнем сечении последней вытяжки:

$$H^{в}_{мех} + 1 = (H^{в}_{обж} + 1)(H_{п}^{в} + 1),$$

отсюда

$$H_{п}^{в} = \frac{H_{мех}^{в} + 1}{H^{в}_{обж} + 1} - 1.$$

Подобным же образом возможно подсчитать деформацию $H^{с}_{п}$ в среднем сечении в случае получения там конусообразной формы корпуса гильзы на обжиме.

7. *Определение площади сечения полуфабриката предпоследней вытяжки вверху* $S^{в}_{n-1}$, *в середине* $S^{с}_{n-1}$ *и внизу* $S^{н}_{n-1}$:

$$H_{п}^{в} = \frac{S^{в}_{n-1} - S_{п}^{в}}{S_{п}^{в}} = \frac{S^{в}_{n-1}}{S_{п}^{в}} - 1; \qquad H_{п}^{в} + 1 = \frac{S^{в}_{n-1}}{S_{п}^{в}};$$

$$S^{в}_{n-1} = S_{п}^{в}(H_{п}^{в} + 1);$$

$$S^{с}_{n-1} = S_{п}^{с}(H_{п}^{с} + 1);$$

$$S^{н}_{n-1} = S_{п}^{н}(H_{п}^{н} + 1).$$

8. *Определение диаметров* $d^{н}$ *всех вытяжных пуансонов внизу.* Для получения качественного перехода корпуса гильзы к внутренней поверхности дна необходимо плавное вписывание одного профиля вытяжного пуансона в другой. Это достигается умень-

шением диаметров пуансонов внизу от свертки к последней вытяжке (рис. 44). Большая разность диаметров пуансонов нежелательна, так как она приводит к разностенности и косине. Допустимые пределы разности $x = 0{,}2 \div 0{,}5$ *мм*. Тогда:

$$d^{\text{н}}_{n-1} = d_{\text{п}}^{\text{н}} + x_{\text{п}};$$

$$d^{\text{н}}_{n-2} = d^{\text{н}}_{n-1} + x_{n-1};$$

. . . . . .

$$d_1^{\text{н}} = d_2^{\text{н}} + x_2;$$

$$d_0^{\text{н}} = d_1^{\text{н}} + x_1.$$

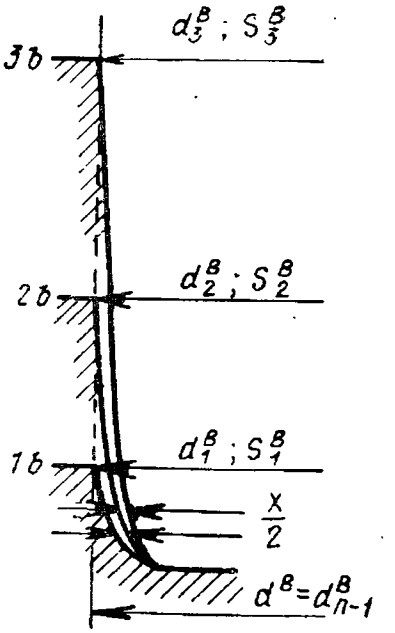

Рис. 44. Профили вытяжных пуансонов

Таким образом, разность диаметров пуансонов x надо задать на все операции, включая операции штамповки и осадки дна. При этом возможны два варианта распределения разности диаметров: первый

$$x_{\text{п}} = x_{n-1} = \ldots = x_2 = x_1 = x;$$

второй

$$x_{\text{п}} < x_{n-1} < \ldots < x_2 < x_1.$$

9. *Определение диаметров матрицы* $D_{\text{п}-1}$ *и пуансона* $d_{\text{п}-1}$ *предпоследней вытяжки.* Зная площади сечения полуфабриката предпоследней вытяжки и диаметр пуансона внизу, определяем диаметры матрицы и пуансона в середине и вверху:

$$D_{n-1} = \sqrt{\frac{4}{\pi} S_{n-1}^{\text{н}} + d_{n-1}^{\text{н}2}};$$

$$d_{n-1}^{\text{с}} = \sqrt{D_{n-1}^2 - \frac{4}{\pi} S_{n-1}^{\text{с}}};$$

$$d_{n-1}^{\text{в}} = \sqrt{D_{n-1}^2 - \frac{4}{\pi} S_{n-1}^{\text{в}}}.$$

10. *Определение диаметров всех вытяжных пуансонов вверху.* Для нормального течения процесса необходимо, чтобы пуансон

последующей вытяжки входил в полуфабрикат предыдущей. При этом надо учесть, что значительные зазоры между пуансонами и полуфабрикатами увеличивают разностенность, а диаметры пуансонов в верхних расчетных сечениях не совпадают по высоте (от торцов пуансонов), так как в процессе вытяжки это сечение как бы перемещается вверх по коническим пуансонам. Поэтому для изделий крупных калибров можно все верхние диаметры пуансонов, начиная с предпоследней вытяжки, делать равными

$$d^{в}_{n-1} = d^{в}_{n-2} = \ldots = d_2^{в} = d_1^{в} = d_0^{в}.$$

Для гильз небольшой длины диаметры пуансонов вверху надо рассчитывать так же, как и диаметры нижнего сечения, т. е. с учетом дополнительного зазора x:

$$d^{в}_{n-2} = d^{в}_{n-1} + x_{n-1}; \qquad d^{в}_{n-3} = d^{в}_{n-2} + x_{n-2}; \ \ldots d_0^{в} = d_1^{в} + x_1,$$

где $x = 0{,}2 \div 0{,}5$ *мм*. При этом возможны два варианта величин x:

$$x_{n-1} = x_{n-2} = \ldots = x_1$$

и

$$x_{n-1} < x_{n-2} < \ldots < x_1.$$

Примечание. Конусность пуансона свертки не должна превышать 2—3°.

11. *Определение диаметра матрицы свертки.* Зная диаметр пуансона свертки внизу $d_0^{н}$ и установив толщину стенки колпака внизу $T_0^{н}$, определяем диаметр матрицы свертки D_0.

Толщина стенки колпака внизу не может быть больше толщины исходного кружка. Утонение стенки вызывает рост разностенности. Особенно нежелательно утонение стенки в нижнем сечении колпака, поскольку для его легкого съема пуансон делается коническим, а это неизбежно приводит к уменьшению толщины стенки вверху колпака по сравнению с толщиной внизу. При толщине стенки колпака внизу не более толщины кружка $T_к$ диаметр матрицы свертки подсчитывается по зависимости

$$D_0 = d_0^{н} + 2T_0^{н},$$

где $T_0^{н} \leqslant T_к$.

Рекомендуют полученный диаметр матрицы проверить по коэффициенту свертки $m = \frac{D_0}{D_к}$, который должен быть в пределах 0,55—0,80. Если $m < 0{,}55$, то произойдет пробивка кружка, если $m > 0{,}8$, надо вводить операцию подштамповки кружка.

Диаметр матрицы свертки D_0 можно определить и вторым способом — по площади сечения полуфабриката свертки вверху $S_0^{в}$ (см. пункт 4) и диаметру пуансона свертки вверху $d_0^{в}$ (см. п. 10)

$$S_0^{в} = \frac{\pi}{4}(D_0^2 - d_0^{в^2}),$$

откуда

$$D_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} S_0^{в} + d_0^{в^2}}.$$

Здесь также диаметр D_0 необходимо проверить по коэффициенту m.

12. *Уточнение площади сечения полуфабриката свертки вверху* по формуле

$$S_0^{в} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_0^{в^2}).$$

13. *Определение площади сечения полуфабриката свертки внизу* по уравнению

$$S_0^{н} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_0^{н^2}).$$

14. *Уточнение действительной деформации на свертке вверху* по зависимости

$$H_0^{в} = \frac{S_к}{S_0^{в}} - 1.$$

При проверке сечения и действительной деформации на свертке необходимо получить такие же величины, как и при подсчете в п. 4. После уточнения деформации на свертке следует проверить действительную деформацию на первой вытяжке

$$H_1^{в} = \frac{S_0^{в}}{S_1^{в}} - 1.$$

Примечание. В случае расчета диаметра D_0 по второму способу п. 11 пп. 12—14 не выполняются.

15. *Определение суммарной деформации за все вытяжные переходы.* Зная сечения полуфабриката вверху на свертке и последней вытяжке, получим

$$H_\sigma^{в} = \frac{S_0^{в} - S_п^{в}}{S_п^{в}} = \frac{S_0^{в}}{S_п^{в}} - 1.$$

Если степень деформации на последней вытяжке уже определена по механическим свойствам изделия с учетом деформации на обжиме или отжига дульца перед обжимом (см. п. 6), суммарную деформацию можно подсчитать без последней вытяжки

$$H_\sigma^{в} = \frac{S_0^{в} - S^{в}_{n-1}}{S^{в}_{n-1}} = \frac{S_0^{в}}{S^{в}_{n-1}} - 1.$$

16. *Распределение суммарной деформации по операциям.* Зная суммарную деформацию за весь процесс, включая последнюю вы-

тяжку, и величину деформации на последней вытяжке, степень деформации на промежуточных операциях находим из уравнения

$$(H_1^{в} + 1)(H_2^{в} + 1)(H_3^{в} + 1)\ldots(H^{в}_{n-1} + 1) = \frac{H_{\sigma}^{в} + 1}{H_{п}^{в} + 1}.$$

При определении деформации с исключением последней вытяжки это уравнение примет вид

$$(H_1^{в} + 1)(H_2^{в} + 1)\ldots(H^{в}_{n-1} + 1) = H_{\sigma}^{в} + 1.$$

Степень деформации должна распределяться по вытяжным операциям так, чтобы она уменьшалась от свертки к последней вытяжке (наиболее желательный вариант) или была постоянной на всех операциях:

$$H_1^{в} > H_2^{в} > \ldots > H^{в}_{n-1}$$

или

$$H_1^{в} = H_2^{в} = \ldots = H^{в}_{n-1}.$$

Пример. Распределить степень деформации по операциям, если $H_{\sigma}=723\%$ и $n=4$. Можно написать

$$(H^{I} + 1)(H^{II} + 1)(H^{III} + 1)(H^{IV} + 1) = H_{\sigma} + 1.$$

Пусть $H^{I} = 100\%$, тогда:

$$(1 + 1)(H^{II} + 1)(H^{III} + 1)(H^{IV} + 1) = 7{,}23 + 1;$$

$$(H^{II} + 1)(H^{III} + 1)(H^{IV} + 1) = \frac{8{,}23}{2} = 4{,}11.$$

Примем $H^{II} = 120\%$, тогда:

$$(1{,}2 + 1)(H^{III} + 1)(H^{IV} + 1) = 4{,}11;$$

$$(H^{III} + 1)(H^{IV} + 1) = \frac{4{,}11}{2{,}2} = 1{,}87.$$

Если считать, что $H^{III} = 70\%$, то получим:

$$(0{,}7 + 1)(H^{IV} + 1) = 1{,}87;$$

$$H^{IV} + 1 = \frac{1{,}87}{1{,}70} = 1{,}1 \text{ и } H^{IV} = 10\%.$$

В этом случае степень деформации можно распределить так:

$$H_1 = 120\%; \quad H_2 = 100\%; \quad H_3 = 70\%; \quad H_4 = 10\%.$$

17. *Определение площадей сечений вверху по всем операциям.* Из формулы

$$H_1^{в} + 1 = \frac{S_0^{в}}{S_1^{в}}$$

имеем

$$S_1^{\text{в}} = \frac{S_0^{\text{в}}}{H_1^{\text{в}} + 1}.$$

По аналогии получим размеры площадей сечений на всех операциях, включая и предпоследнюю вытяжку:

$$S_2^{\text{в}} = \frac{S_1^{\text{в}}}{H_2^{\text{в}} + 1}; \quad \ldots \quad S^{\text{в}}{}_{n-1} = \frac{S^{\text{в}}{}_{n-2}}{H^{\text{в}}{}_{n-1} + 1}.$$

Площадь сечения вверху на предпоследней вытяжке должна совпадать с площадью сечения, подсчитанной в п. 7.

18. *Определение диаметров всех вытяжных (нижних) матриц:*

$$D_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} S_1^{\text{в}} + d_1^{\text{в}^2}};$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4}{\pi} S_2^{\text{в}} + d_2^{\text{в}^2}};$$

. . . . . .

$$D_{n-1} = \sqrt{\frac{4}{\pi} S^{\text{в}}{}_{n-1} + d^{\text{в}^2}{}_{n-1}}.$$

19. *Определение толщин стенок полуфабриката всех вытяжек вверху, в середине и внизу:*

$$T_0^{\text{в}} = \frac{D_0 - d_0^{\text{в}}}{2}; \qquad T_0^{\text{с}} = \frac{D_0 - d_0^{\text{с}}}{2}; \qquad T_0^{\text{н}} = \frac{D_0 - d_0^{\text{н}}}{2};$$

$$T_1^{\text{в}} = \frac{D_1 - d_1^{\text{в}}}{2}; \qquad T_1^{\text{с}} = \frac{D_1 - d_1^{\text{с}}}{2}; \qquad T_1^{\text{н}} = \frac{D_1 - d_1^{\text{н}}}{2};$$

. . . . . .

$$T^{\text{в}}{}_{n-1} = \frac{D_{n-1} - d^{\text{в}}{}_{n-1}}{2}; \qquad T^{\text{с}}{}_{n-1} = \frac{D_{n-1} - d^{\text{с}}{}_{n-1}}{2};$$

$$T^{\text{н}}{}_{n-1} = \frac{D_{n-1} - d^{\text{н}}{}_{n-1}}{2}.$$

Примечание. Толщины стенок уменьшаются от свертки к предпоследней вытяжке и увеличиваются от верха к низу полуфабриката.

20. *Определение площади сечения полуфабриката внизу на всех операциях:*

$$S_0^{\text{н}} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_0^{\text{н}^2});$$

$$S_1^{н} = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_1^{н2});$$

. . . . . .

$$S^{н}_{n-1} = \frac{\pi}{4}(D^2_{n-1} - d^{н2}_{n-1}).$$

21. *Подсчет операционных степеней деформации внизу:*

$$H_1^{н} = \frac{S_0^{н}}{S_1^{н}} - 1; \qquad H_2^{н} = \frac{S_1^{н}}{S_2^{н}} - 1; \qquad \ldots H^{н}_{n-1} = \frac{S^{н}_{n-2}}{S^{н}_{n-1}}.$$

Необходимо следить, чтобы деформация в нижних сечениях не попала в зону критической степени деформации.

22. *Расчет средних сечений.*

Определение диаметров пуансонов в средних сечениях по диаметральной разности x:

$$d^{с}_{n-2} = d^{с}_{n-1} + x;$$

$$d^{с}_{n-3} = d^{с}_{n-2} - x;$$

. . . . . .

$$d_0^{с} = d_1^{с} - x,$$

где $x = 0{,}2 \div 0{,}5$ *мм*.

Определение толщины стенки полуфабриката в середине:

$$T^{с}_{n-2} = \frac{D_{n-2} - d^{с}_{n-2}}{2};$$

$$T^{с}_{n-3} = \frac{D_{n-3} - d^{с}_{n-3}}{2};$$

. . . . . .

$$T_0^{с} = \frac{D_0 - d_0^{с}}{2}.$$

Определение степеней деформации в среднем сечении:

$$H^{с}_{n-1} = \frac{D_{(n-2)ср}\, T^{с}_{n-2}}{D_{(n-1)ср}\, T^{с}_{n-1}} - 1;$$

$$H^{с}_{n-2} = \frac{D_{(n-3)ср}\, T^{с}_{n-3}}{D_{(n-2)ср}\, T^{с}_{n-2}} - 1;$$

. . . . . ;

где

$$D_{(n-1)\text{ср}} = \frac{D_{n-1} + d^{\text{с}}_{n-1}}{2};$$

$$D_{(n-2)\text{ср}} = \frac{D_{n-2} + d^{\text{с}}_{n-2}}{2};$$

. . . . . .

Определение площадей сечения в середине полуфабриката:

$$S^{\text{с}}_{n-2} = S^{\text{с}}_{n-1}(H^{\text{с}}_{n-1} + 1);$$

$$S^{\text{с}}_{n-3} = S^{\text{с}}_{n-2}(H^{\text{с}}_{n-2} + 1);$$

. . . . . .

Проверка диаметров пуансонов в середине по формулам:

$$d^{\text{с}}_{n-2} = \sqrt{D^2_{n-2} - \frac{4}{\pi} S^{\text{с}}_{n-2}};$$

$$d^{\text{с}}_{n-3} = \sqrt{D^2_{n-3} - \frac{4}{\pi} S^{\text{с}}_{n-3}};$$

. . . . . .

23. *Определение коэффициента вытяжки (или среднего удлинения)* $\Delta_{\text{ср}}$ *на всех операциях* по степеням деформации вверху, в середине и внизу:

$$H = \Delta - 1 \text{ (при } \Delta \gg 1); \quad \Delta = H + 1; \quad \Delta_{\text{ср}} = \frac{H^{\text{в}} + H^{\text{с}} + H^{\text{н}}}{3} + 1,$$

отсюда

$$\Delta_{0_{\text{ср}}} = \frac{H_0{}^{\text{в}} + H_0{}^{\text{с}} + H_0{}^{\text{н}}}{3} + 1;$$

$$\Delta_{1_{\text{ср}}} = \frac{H_1{}^{\text{в}} + H_1{}^{\text{с}} + H_1{}^{\text{н}}}{3} + 1;$$

. . . . . .

Коэффициент $\Delta_{0\text{ср}}$ обычно не подсчитывается, так как не вычисляется степень деформации $H_0{}^{\text{н}}$.

24. *Определение длин полуфабрикатов на всех вытяжках.* Осуществляется на основании операционных степеней деформации, пересчитанных на удлинения, и предварительно установленной исходной

длины полуфабриката. Длина полуфабриката для любой операции вытяжки приближенно может быть вычислена, исходя из размеров полуфабриката, поступившего на операцию, и известного коэффициента вытяжки $\Delta_{i_{ср}} = \frac{l_i}{l_{i-1}}$, где l_i и l_{i-1} — длины на данной и предыдущей операциях. Отсюда

$$l_i = \Delta_{i_{ср}} l_{i-1} \text{ и } l_{i-1} = \frac{l_i}{\Delta_{i_{ср}}}.$$

Поскольку степень деформации по длине полуфабриката неодинакова, то и удлинение в разных частях различно. Для приближенных вычислений можно пользоваться средней величиной коэффициента вытяжки.

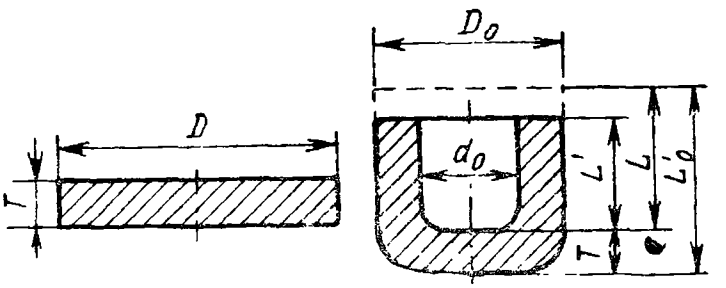

Рис. 45. Кружок и колпак упрощенной формы

Кроме заданных степеней деформации, необходимо еще знать или длину колпака, или длину готовой гильзы. В соответствии с этим расчет может быть произведен, исходя из длины полуфабриката свертки или последней вытяжки.

При расчете исходя из длины колпака руководствуются равенством объемов металла до и после деформации. Берется колпак упрощенной формы (рис. 45) и по равенству объемов кружка и этого колпака определяется длина последнего:

$$V_к = \frac{\pi D_к^2}{4} T_к; \qquad V_{колп} = \frac{\pi D_0^2}{4}(L' + T) - \frac{\pi d_0^2}{4} L'$$

и при $V_к = V_{колп}$

$$L' = \frac{D_к^2 - D_0^2}{D_0^2 - d_0^2} T.$$

Действительная длина колпака L будет несколько больше за счет скруглений и утонения стенки

$$L = 1{,}05\, L' = 1{,}05\, T \frac{D_к^2 - D_0^2}{D_0^2 - d_0^2}.$$

Полная длина колпака определяется суммой

$$L_0' = L + T$$

Для колпаков орудийных гильз, имеющих сложную форму, подсчет целесообразно вести точно без упрощения, используя теорему Гюльдена — Паппа. После определения длины полуфабриката свертки находят длины полуфабрикатов на всех вытяжных операциях:

$$L_1 = L_0 \Delta_{1_{ср}};$$

$$L_2 = L_1 \Delta_{2_{ср}};$$

. . . . .

При расчете в зависимости от длины готовой гильзы $L_г$ (рис. 46, *а*) за исходную принимается длина $L_п$ полуфабриката последней вытяжки *1* (см. рис. 46, *б*), которая вычисляется на основе чертежной длины гильзы $L_г$ с учетом отходов на обрезку между вытяжками и окончательную обрезку по длине, а также изменения толщины дна на прессовке и механической обработке

$$L_п = L_г - T_г + T_п + L_{обр}.$$

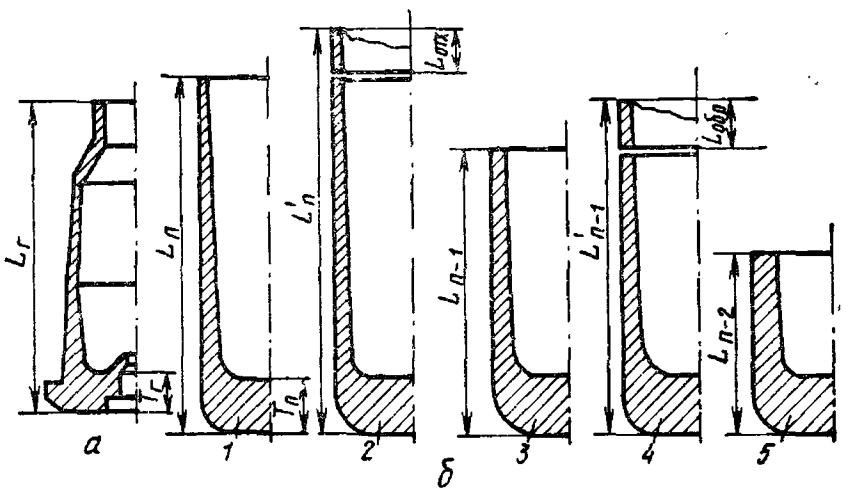

Рис. 46. Длины готовой гильзы (*а*) и всех полуфабрикатов (*б*) при вытяжках:
1 — *n*-й; *2* — *n*-й с отходом; *3* — (*n* —1)-й; *4* — (*n* —1)-й с отходом; *5* — (*n* —2)-й

Длина полуфабриката непосредственно после вытяжки $L_п'$ больше длины $L_п$ на величину отходов

$$L_п' = L_п + L_{отх}.$$

Для гильз стрелкового оружия $L_{обр} = 2 \div 3$ *мм*, $L_{отх} = 5 \div 10$ *мм*; для орудийных гильз $L_{обр} = 5 \div 10$ *мм*, $L_{отх} = 10 \div 50$ *мм*.

Найдя длину последней вытяжки, определяем длины полуфабрикатов на предыдущих операциях, в частности на предпоследней вытяжке,

$$L_{n-1} = \frac{L_{\text{п}}}{\Delta_{\text{п}_{\text{ср}}}}.$$

Орудийные гильзы в процессе производства помимо окончательной обрезки и обрезки на последней вытяжке подвергаются еще и межвытяжным обрезкам, отходы на которые следует учесть при назначении длин полуфабрикатов. Длина каждой межвытяжной обрезки в два раза меньше длины обрезки на последней вытяжке. Такие межвытяжные обрезки до предпоследней вытяжки обычно вводят при четырех и более вытяжках. Их назначение — предупредить разностенность и косину последней вытяжки. В этом случае:

$$L_{n-2} = \frac{L_{n-1} + L_{\text{отх}}}{\Delta_{(n-1)\text{ср}}} = \frac{L'_{n-1}}{\Delta_{(n-1)\text{ср}}};$$

$$L_{n-3} = \frac{L'_{n-2}}{\Delta_{(n-2)\text{ср}}}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad L_0 = \frac{L_1'}{\Delta_{1\text{ср}}}.$$

Можно рекомендовать подсчет длин полуфабрикатов, исходя из длины готового изделия с последующей проверкой полученной длины колпака по равенству объемов металла кружка и колпака. При этом ошибка не превышает 5% длины колпака.

25. *Определение высот расположения расчетных диаметров вытяжных пуансонов от их торца.* Расположение верхнего расчетного диаметра пуансона $d^{\text{в}}_{\text{п}}$ по полуфабрикату последней вытяжки (рис. 47) определяется зависимостью

$$l_{\text{п}}^{\text{в}} = L_{\text{п}} - T_{\text{п}} - L_{\text{обр}}.$$

Для обеспечения цилиндричности дульца этот же диаметр устанавливается на высоте

$$l_{\text{п}}^{\text{в}\prime} = l_{\text{п}}^{\text{в}} - l_{\partial}.$$

Высоты расположения верхних расчетных диаметров всех остальных вытяжных пуансонов устанавливают по длинам полуфабрикатов:

$$l^{\text{в}}_{n-1} = L_{n-1} - T_{n-1};$$

$$l^{\text{в}}_{n-2} = L_{n-2} - T_{n-2};$$

. . . . . .

Высоту $l_{\text{п}}^{\text{с}}$ расположения среднего диаметра $d_{\text{п}}^{\text{с}}$ берут по чертежу гильзы с уменьшением на 1%, учитывая удлинение гильзы на обжиме и перемещение при этом вверх расчетных сечений,

$$l_{\text{п}}^{\text{с}} = 0{,}99h.$$

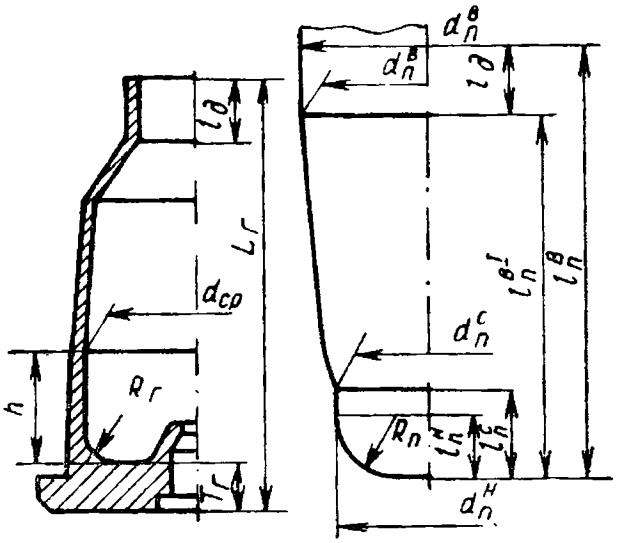

Рис. 47. Расположение расчетных диаметров вытяжных пуансонов

Для предыдущих вытяжек высоты расположения средних диаметров определяются по выражениям:

$$l^{\text{с}}{}_{n-1} = \frac{l_{\text{п}}^{\text{с}}}{\Delta^{\text{с}}{}_{\text{п ср}}},$$

где

$$\Delta^{\text{с}}{}_{\text{п ср}} = \frac{H_{\text{п}}^{\text{н}} + H_{\text{п}}^{\text{с}}}{2} + 1;$$

$$l^{\text{с}}{}_{n-2} = \frac{l^{\text{с}}{}_{n-1}}{\Delta^{\text{с}}{}_{(n-1)\text{ср}}};$$

$$\Delta^{\text{с}}{}_{(n-1)\text{ср}} = \frac{H^{\text{н}}{}_{n-1} + H^{\text{с}}{}_{n-1}}{2} + 1.$$

Высота $l^{\text{н}}$ расположения нижних расчетных диаметров $d^{\text{н}}$ всех пуансонов устанавливается по величине радиуса $R_{\text{п}}$ сопряжения закругления торца пуансона с его образующей

$$l_{\text{п}}^{\text{н}} = R_{\text{п}}; \qquad l^{\text{н}}{}_{n-1} = R_{n-1} \text{ и т.д.}$$

26. *Определение радиусов закруглений вытяжных пуансонов.* При определении радиусов $R_{\text{п}}$ закруглений торцов пуансонов исходят из чертежного радиуса гильзы $R_{\text{г}}$ и толщины заготовки. Для

последней вытяжки радиус закруглений пуансона устанавливают исходя из радиуса гильзы $R_п = R_г$.

Основное условие для определения радиусов пуансонов промежуточных операций:

$$R_0 > R_1 > R_2 > \ldots > R_n$$

или

$$R_0 = R_1 = R_2 = \ldots = R_n$$

Величины радиусов пуансонов свертки R_0 рекомендуются практикой ПГП (табл. 16). Зная R_0 и R_n, определяем величину x_r и все промежуточные радиусы:

$$\frac{R_0 - R_n}{n} = x_r; \qquad R_1 = R_0 - x_r;$$

$$R_2 = R_1 - x_r;$$

. . . . . .

Таблица 16

Рекомендуемые величины радиусов закруглений R_0 пуансонов свертки

Материал гильзы	Для оружейных гильз	При толстом материале (>3 *мм*)	При тонком материале (<3 *мм*)
Латунь	0,8 T	(0,9÷1,0) T	(2,0÷2,5) T
Сталь	T	(1,3÷1,4) T	(1,5÷3,0) T

Во всех случаях полученные значения радиусов следует округлять до целых чисел или до дробных, оканчивающихся на 0,5.

27. *Определение деформации на внешней А (рис. 48) и внутренней Б кромках колпака.* Среднее значение коэффициента обжатия (<1) находим по уравнению

$$\varepsilon_0^{\text{в}} = \frac{S_0^{\text{в}}}{S_к} = \frac{D_{ср}\, T_0^{\text{в}}}{D_к T_к}.$$

Это уравнение примет вид:
для точки A

$$\varepsilon^{\text{в}}{}_{0A} = \frac{D_0\, T_0^{\text{в}}}{D_к T_к};$$

для точки *Б*

$$\varepsilon^{в}{}_{0Б} = \frac{d_0{}^{в} T_0{}^{в}}{D_к T_к}.$$

Зная, что деформация

$$H = \Delta - 1 = \frac{1}{\varepsilon} - 1,$$

получим:

для точки *А*

$$H^{в}{}_{0А} = \frac{D_к T_к}{D_0 T_0{}^{в}} - 1;$$

для точки *Б*

$$H^{в}{}_{0Б} = \frac{D_к T_к}{d_0{}^{в} T_0{}^{в}} - 1;$$

среднее значение деформации

$$H^{в}{}_{0ср} = \frac{H^{в}{}_{0А} + H^{в}{}_{0Б}}{2},$$

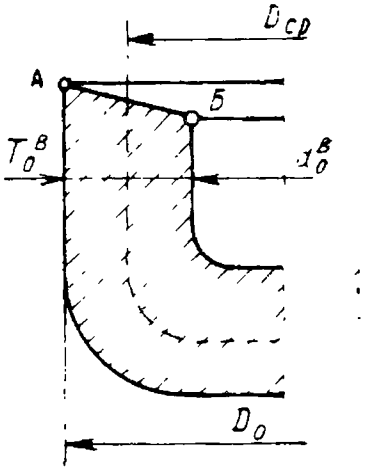

Рис. 48. Схема для определения деформации на кромках колпака

которое должно быть равно деформации, указанной в п. 4.

28. *Определение диаметров верхних вытяжных матриц.* На вытяжных операциях деформация на каждом переходе имеет иногда довольно большую величину, происходит сильное упрочнение металла и, как следствие этого, большой износ инструмента и оборудования. Поэтому в ПГП для того, чтобы разделить общую деформацию на данной операции на две — три части, осуществляют протяжку полуфабриката без промежуточного отжига через две или три матрицы, установленные одна за другой. При этом наибольшая деформация происходит при протяжке через верхнюю матрицу, когда материал наиболее пластичен. Нижняя матрица является как бы калибрующей, обеспечивающей заданные размеры полуфабриката на данной операции. Осуществляя вытяжку через несколько матриц, мы получаем значительное повышение стойкости инструмента. При этом расчетной является нижняя матрица (см. п. 18).

Расчетная деформация на данной операции по п. 16 является общей или суммарной для двух—трех устанавливаемых матриц. Задаемся величиной деформации для нижней матрицы, оставляя больший процент деформации для верхних матриц. По общей расчетной деформации на данной операции и по деформации, принятой для нижней матрицы, определяем деформацию для верхней матрицы. Зная деформацию на верхней матрице и сечение полуфабриката предыдущей вытяжки, определяем диаметр верхней матрицы. Порядок расчета следующий:

суммарная деформация на данной операции для обеих матриц

$$H_{к}^{в} = H^{в}_{1,2};$$

задаемся величиной деформации для нижней матрицы (она должна быть в пределах 20—40%)

$$H^{в}_{н\,м} = (20 \div 40)\ \%;$$

определяем деформацию на верхней матрице:

$$H^{в}_{1,2} + 1 = (H^{в}_{н\,м} + 1)(H^{в}_{в\,м} + 1),$$

$$H^{в}_{в\,м} = \frac{H^{в}_{1,2} - H^{в}_{н\,м}}{H^{в}_{н\,м} + 1};$$

находим площадь сечения полуфабриката данной вытяжки при проходе через верхнюю матрицу

$$S_{в\,м} = \frac{S^{в}_{k-1}}{H^{в}_{в\,м} + 1};$$

по площади $S_{в\,м}$ и диаметру пуансона вверху определяем диаметр верхней матрицы

$$D_{в\,м} = \sqrt{\frac{4}{\pi} S_{в\,м} + d_{к}^{в^2}}.$$

Недостатки применения нескольких матриц:

— увеличиваются длины пуансона и хода пресса;

— скрадывается брак. Трудно обнаружить брак по причине, заложенной в верхней матрице, так как он сглаживается нижней матрицей.

Преимущества применения нескольких матриц:

— увеличивается срок службы инструмента и, следовательно, съем продукции с оборудования;

— увеличивается точность изготовления изделия, повышается его качество вследствие разгрузки нижней калибрующей матрицы.

29. *Составление сводной расчетной таблицы* (табл. 17). Для проверки правильности проведенных расчетов и их результатов, помещенных в таблицу, необходимо знать следующее:

а). Степень деформации от изменения толщины стенки T для всех сечений полуфабриката должна быть меньше полной степени деформации на операции

$$H_{т_i} = \frac{T_{i-1}}{T_i} - 1 < H_i.$$

Таблица 17

Сводные данные по расчету штампового инструмента изделия .....

Рассчитал —

Проверил —

Наименование операции	Площади сечения, $мм^2$: верхнего $S^в$	среднего $S^с$	нижнего $S^н$	Степень деформации, %: вверху $H^в$	в середине $H^с$	внизу $H^н$	средний $H^{ср}$	Коэффициент вытяжки $\Delta_{ср}$	Рабочий инструмент: Матрицы: Диаметры, мм: верхней матрицы $D_{в.м}$	нижней матрицы $D_{н.м}$	входной части D_1	Рабочий угол α, град	Габаритные размеры, мм: наружный диаметр D	высота H	Пуансоны: Диаметры, мм: вверху $d^в$	в середине $d^с$	внизу $d^н$	Расстояние расчетного диаметра от торца, мм: верхнего $l^в$	среднего $l^с$	нижнего $l^н = R$	общая длина l, мм	Толщина стенки, мм: вверху $T^в$	в середине $T^с$	внизу $T^н$	Длина полуфабриката L, мм
Заготовка																									
Свертка																									
Коническая осадка																									
Первая вытяжка																									
Вторая вытяжка																									
. . . . .																									

б). Степень деформации от суммарного изменения толщины стенки T и диаметра D полуфабриката должна быть больше полной степени деформации на операции

$$H_{тD_i} = \frac{T_{i-1} D_{i-1}}{T_i D_i} > H_i.$$

в). Полная степень деформации на операции определяется по уравнению

$$H_i = \frac{T_{i-1} D_{(i-1)ср}}{T_i D_{i_{ср}}},$$

где

$$D_{i_{ср}} = \frac{D_i + d_i}{2};$$

D_i, d_i — диаметры матрицы и пуансона в рассматриваемом сечении соответственно.

г). От первой вытяжки к последней должны уменьшаться: площади сечений, степени деформации (кроме последней вытяжки, где степень деформации определяется механическими свойствами изделий), диаметры матриц и пуансонов (кроме верхних сечений, где диаметры пуансонов на соседних вытяжках могут быть равны), толщины стенок; должны увеличиваться длины пуансонов и полуфабрикатов.

д). Сверху вниз по длине каждого полуфабриката увеличиваются сечения, толщины и уменьшаются степени деформации (кроме последней вытяжки) и диаметры пуансонов.

30. Построение графика профилей вытяжных пуансонов (рис. 49).

Длины пуансонов $l^н$, $l^с$ и $l^в$ откладываются по оси абсцисс в масштабе 1 : 1 или 1 : 2, диаметры $d^н$, $d^с$ и $d^в$ — по оси ординат

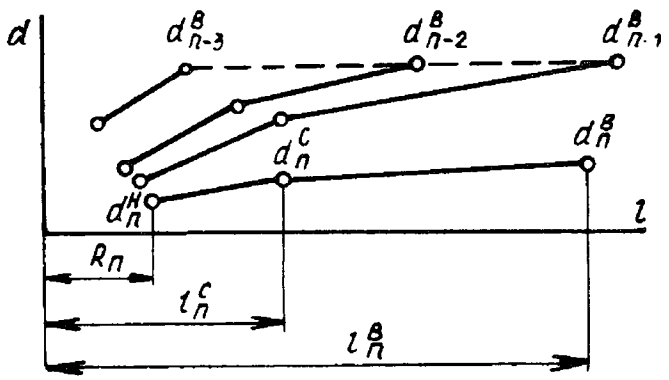

Рис. 49. График профилей вытяжных пуансонов

в масштабах 100 : 1, 50 : 1 или 20 : 1. На график наносятся профили вытяжных пуансонов по данным, взятым из табл. 17, для всех операций вытяжки и свертки.

График предназначен для проверки правильности расчетов и их корректировки. Он может также служить для определения степени деформации во всех сечениях и на всех операциях. При правильно проведенных расчетах профили пуансонов на графике не должны пересекаться, т. е. пуансон последней вытяжки по всем диаметрам d_n вписывается во внутреннюю полость полуфабриката предпоследней вытяжки, образованную пуансоном с диаметрами d_{n-1} и т. д. При пересечении профилей пуансонов необходим перерасчет размеров.

Результаты всех подсчетов следует округлять (исходя из практических соображений):

площади сечений полуфабрикатов — до целых единиц ($мм^2$);

длины полуфабрикатов и пуансонов — до целых единиц ($мм$);

толщины стенок — до 0,01 $мм$;

диаметры рабочего инструмента — в пределах допуска на изготовление данного размера;

коэффициенты вытяжки — до 0,01;

степени деформации — до целых процентов.

§ 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАЦИЙ ОБРЕЗКИ И ОБКУСКИ

Операции обрезки и обкуски обеспечивают получение полуфабриката требуемой длины, указанной в чертеже, удаление наиболее наклепанной части полуфабриката, имеющей неровную торцовую кромку, и борьбу с разностенностью.

В зависимости от конфигурации изделия, его материала, толщины стенок и получения необходимой точности выбирается обрезка или обкуска. Операцию обкуски обычно совмещают с вытяжкой. Эта операция применяется для гильз спортивного типа, гильз с толщиной стенки по обрезу более 0,2 $мм$ и орудийных гильз только на вытяжных операциях. Во всех остальных случаях применяется обрезка. При этом станок обрезки после вытяжки должен всегда работать вместе с вытяжным прессом, так как проверить полуфабрикат вытяжки можно только после обрезки.

ОБРЕЗКА

Обрезку полуфабриката *3* (рис. 50) выполняют различными способами:

— путем установки его на опорные ролики *2* (*а*) и прижима донной частью к упору *1* (пульные оболочки, стаканчики специальных пуль);

— его заталкиванием вращающимся стержнем *7* (*б*) во вращающуюся с той же скоростью цангу *6*, имеющую профиль наружного контура изделия (обжатые пульные оболочки, стаканчики, гильзы стрелкового оружия);

— его насадкой (свинцовые рубашки) на вращающуюся оправку *4* (*в*);

— путем надевания его на вращающуюся оправку *4* (*г*) и прижима вращающимся упором *1* к торцу оправки (орудийные гильзы).

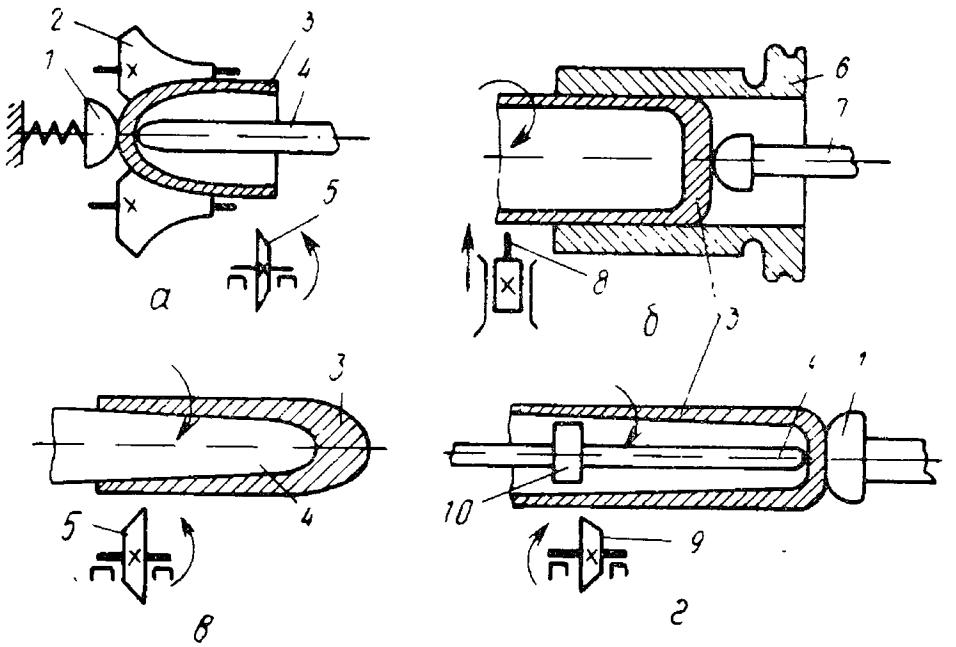

Рис. 50. Способы обрезки гильзы на оправке (*а*), в цанге (*б*), оболочки на оправке (*в*) и гильзы крупного калибра (*г*):
1 — упоры; *2* — опорный ролик; *3* — полуфабрикаты; *4* — оправки; *5* — дисковые ножи; *6* — цанга; *7* — вращающийся стержень; *8* — резец; *9* — большой дисковый нож; *10* — малый нож

Основные требования к полуфабрикату обрезки:

— он должен не сминаться и хорошо резаться, поэтому обрезка наклепанного полуфабриката осуществляется сразу после вытяжки, а не после отжига;

— на поверхности полуфабриката не должно быть жировых загрязнений, которые могут привести к проскальзыванию ножа. Жировые загрязнения заставляют иногда (особенно в производстве гильз стрелкового оружия) вводить в технологический процесс перед обрезкой операцию обезжиривания.

Количество обрезных операций зависит от соотношения толщин стенки изделия и исходного материала, числа и длины вытяжек. При отношениях толщины стенки изделия к длине полуфабриката $\frac{t}{L}$ =0,003; 0,003 ÷ 0,007; 0,007 ÷ 0,010; >0,010 назначают соответственно 3; 2; 1—2; 1 обрезных операций.

В ПГП чаще всего вводят две обрезные операции. В этом случае обрезаемый материал составляет 10—13% от объема изделий (табл. 18).

При длине полуфабриката $L_{пф}$=150; 150÷300; 300÷500; больше 500 *мм* рекомендуют длину обрезки $L_{обр}$=5 ÷ 10; 10 ÷ 15; 15 ÷ 20; 20 ÷ 30 *мм* соответственно.

Чрезмерное уменьшение расхода металла на обрезке путем сокращения числа последних может привести к трещинам на обжиме. При вырубке и вытяжках кромка изделия подвергается большим деформациям и растрескивается. Поэтому для предотвращения разрушения изделия на обжиме необходима его своевременная обрезка.

Таблица 18

Количество обрезаемого материала (от объема изделия), %

№ обрезки	Гильзы стрелкового оружия	Орудийные гильзы
1	7—9	8—10
2	3,5—4,5	2—3

Скорость резания выбирается в зависимости от материала полуфабриката, режущего инструмента, диаметра и способа крепления изделия. Например, при резании без снятия стружки инструмент (дисковый нож) имеет скорость $V=10 \div 12$ *м/сек*, а изделие $V=2{,}5 \div 3{,}5$ *м/сек*. При резании резцом принимают скорость $V=45 \div 55$ *м/мин*.

Подача на один оборот изделия также зависит от материала изделия, способа его крепления и типа режущего инструмента. Например, при обрезке дисковым ножом латунных, биметаллических и стальных изделий принимают подачу $S=0{,}005 \div 0{,}006$ *мм/об*, а при обрезке свинцовых изделий $S=0{,}004 \div 0{,}005$ *мм/об*.

Режимы резания также устанавливают по справочникам и в соответствии с формулами теории резания.

РАБОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ ОБРЕЗКИ И ОБКУСКИ

Для обкуски (автоматической обрубки) применяют пуансоны с выступом (ножом обкуски). У такого пуансона наибольший диаметр меньше диаметра матрицы на 0,03—0,05 *мм*.

Рабочим инструментом обрезки без снятия стружки является дисковый нож.

Выбор диаметра дискового ножа зависит от возможности при этом обеспечить:

— резку без скольжения полуфабриката по ножу;

— переточку ножа при затуплении не более чем на $0{,}25Д$;

— получение большой окружной скорости для создания наилучших условий обрезки;

— удобство изготовления и термообработки ножа;

— условия крепления ножа.

При изготовлении гильз всем вышеперечисленным требованиям лучше всего удовлетворяет дисковый нож диаметром 90—120 *мм*.

Угол заострения χ дискового ножа (рис. 51) выбирается в зависимости от материалов ножа и изделия. С его увеличением улуч-

шается отвод тепла от режущей кромки и поэтому повышается стойкость инструмента.

Угол поднутрения ножа $\zeta = 2 \div 5°$ уменьшает трение ножа о материал изделия.

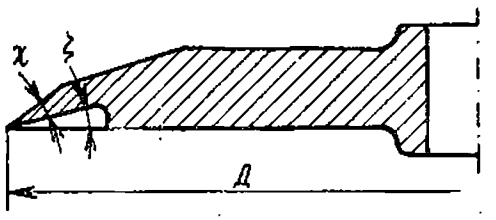

Рис. 51. Дисковый нож

Исследованиями установлено, что при обрезке гильз ножами из стали У12А целесообразно иметь угол $\chi = 40 \div 45°$, а ножами из стали ШХ15 — $\chi = 55°$. Для обрезки пульных оболочек надо брать угол $\chi = 28 \div 35°$. Твердость рабочей части ножа должна быть в пределах HRC 58—62. В качестве материала резцов, применяемых для обрезок, используется сталь У12А с твердостью HRC 60—62.

Мерительный инструмент обрезки: предельная скоба на длину полуфабриката и пробка ПР на внутренний диаметр.

Наиболее распространенные виды и причины брака при обрезке приведены в табл. 19.

Таблица 19

Брак и его причины при обрезке

Вид брака	Причины
Недорезы	1. Плохое обезжиривание полуфабриката. 2. Слабый прижим к оправке. 3. Тупой нож
Заусенцы по обрезу	Тупой нож
Укороченные или удлиненные изделия	Плохая регулировка ножа и заталкивателя в осевом направлении
Царапины на внутренней поверхности дна и соска	Острые края оправки

РАСЧЕТ ДИАМЕТРА НОЖА ОБКУСКИ

Для определения диаметра ножа обкуски предпоследней вытяжки предлагается следующий порядок расчета.

Берется максимальная суммарная степень деформации $H_{нож}$ на ноже и данной вытяжке (поскольку нужен обрыв полуфабриката).

Величина этой степени деформации должна соответствовать полному использованию пластических свойств материала ($H_{нож} \geqslant 0{,}7$).

Определяем деформацию на ноже $H^{нож}_{n-1}$ по русскому методу:

$$(1 - H^{нож}_{n-1})(1 - H^{в}_{n-1}) = 1 - H_{нож};$$

$$1 - H^{нож}_{n-1} = \frac{1 - H_{нож}}{1 - H^{в}_{n-1}};$$

$$H^{нож}_{n-1} = \frac{H_{нож} - H^{в}_{n-1}}{1 - H^{в}_{n-1}}.$$

Подсчитываем площадь сечения $S^{нож}_{n-1}$ (рис. 52) полуфабриката после ножа

$$S^{нож}_{n-1} = S^{в}_{n-1}(1 - H^{нож}_{n-1}).$$

Определяем диаметр ножа

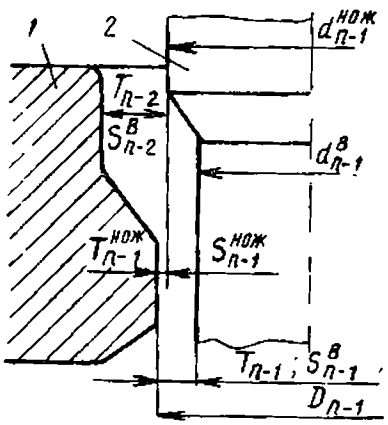

Рис. 52. Расчетная схема ножа обкуски:
1 — матрица вытяжки;
2 — пуансон с уступом

$$d^{нож}_{n-1} = \sqrt{D^2_{n-1} - \frac{4}{\pi} S^{нож}_{n-1}}.$$

Примечания: 1. Нож должен иметь такой диаметр, чтобы обеспечить обрубку не меньше 2/3 толщины стенки полуфабриката, т. е. должно быть соотношение толщин

$$T^{нож}_{n-1} \leqslant \frac{1}{3} T^{в}_{n-1}.$$

2. При расчете диаметров пуансонов вверху надо учесть диаметр ножа с тем, чтобы пуансон с ножом легко входил в предыдущий полуфабрикат. Тогда

$$d_0{}^{в} = d_1{}^{в} = \ldots = d^{в}_{n-1} + \lambda,$$

где λ — превышение диаметра ножа над расчетным диаметром пуансона.

В предварительных расчетах следует принять

$$d^{нож}_{n-1} = d^{в}_{n-1} + \lambda = D_{n-1}.$$

§ 4. ШТАМПОВОЧНО-ПРЕССОВЫЕ ОПЕРАЦИИ

Штамповочными операциями осуществляют объемное холодное деформирование металла. Штамповка (прессовка) есть процесс, изменяющий форму заготовки вследствие перемещения некоторой части объема металла с последующим уменьшением или увеличением его массы в отдельных частях заготовки. Штамповкой придаются перемещенным массам металла требуемые по чертежу формы, размеры и механические свойства в результате пластической деформации.

В ПГП штамповочные операции необходимы для оформления донной части гильзы, нанесения клейм, изготовления свинцовых элементов патрона и для выполнения ряда других работ. Особое значение штамповочные операции приобретают при изготовлении гильз, в которых помимо сложной конфигурации донной части необходимо также получить заданные механические свойства дна, обеспечивающие безотказность работы гильзы при выстреле.

ШТАМПОВОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ДОННОЙ ЧАСТИ ГИЛЬЗЫ

В результате этих операций гильзы получают окончательные или черновые размеры донной части с заданными механическими свойствами.

Для гильз стрелкового оружия образование капсюльного гнезда и штамповка дна является операцией окончательной, не требующей механической обработки резанием. Штамповка дна на окончательный размер целесообразна для гильз калибра до 25 *мм*. Вообще всегда стремятся к выбору технологии с наименьшим количеством операций обработки дна со снятием стружки.

В производстве орудийных гильз, где в связи со значительными размерами донной части гильзы и применением мощного оборудования трудно обеспечить точное положение инструмента в процессе работы, после штамповки фланца и очка предусматривается их обработка резанием. Таким образом, донная часть орудийных гильз штампуется на черновые размеры с последующим доведением их до чертежных размеров обработкой со снятием стружки.

Нормальную штамповку гильз обеспечивают:

правильные соотношения между размерами (в особенности между диаметрами и радиусами) пуансонов — вытяжных, подготавливающих заготовку под штамповку, последней вытяжки и прессовки;

правильная отладка пресса, т. е. взаимное движение инструментов, обрабатывающих поверхность заготовки;

точные геометрические формы рабочего инструмента штамповки;

соответствие между механическими свойствами металла заготовки и готового изделия.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Важной задачей прессовых операций является придание металлу донной части гильзы требуемых по ТУ механических качеств. При этих качествах предел упругости металла дна гильзы должен превышать величину давления пороховых газов в канале ствола оружия при выстреле. Если не соблюсти это условие, то во время выстрела произойдет такое увеличение диаметра под фланцем, которое вызовет заклинивание или тугую экстракцию гильзы.

Поэтому деформация (сжатие) дна гильзы Δh должна быть строго увязана с изменением механических качеств металла — пределом упругости σ_c (рис. 53). Сжатие дна определяется соотношением (в %)

$$\Delta h = \frac{T_{пв} - T_{пр}}{T_{пв}} 100,$$

где $T_{пв}$ — толщина дна полуфабриката последней вытяжки;
$T_{пр}$ — толщина дна полуфабриката прессовки.

Пущин рекомендует деформировать дно на штамповке в пределах 20—30% по русскому методу. Практикой отечественных заводов по производству орудийных гильз установлено, что на прессовке можно допускать большую деформацию дна без снижения качества гильзы.

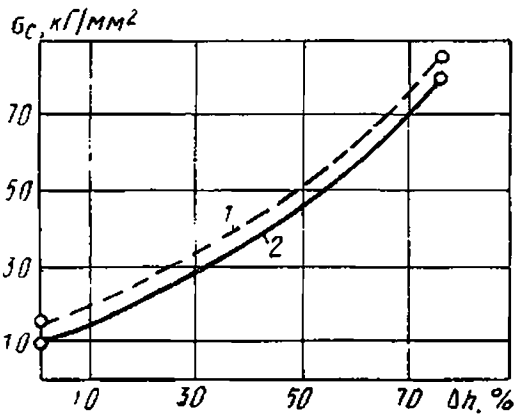

Рис. 53. Зависимость механических свойств металла дна гильзы от степени сжатия:
1 — для стали; *2* — для латуни

Размеры донной части на операции штамповки должны обеспечиваться рабочим инструментом и запроектированным давлением. При производстве орудийных гильз высокие механические свойства металла дна получаются при определенном, заданном для операции прессовки удельном давлении. Если удельное давление недостаточное, то наблюдается неполное заполнение штампа — диаметр фланца становится меньше положенного, а толщина дна и фланца — больше. При чрезмерном давлении толщины дна и фланца становятся меньше положенных. При изготовлении гильз стрелкового оружия настройка оборудования производится не по удельному давлению, а по чертежным размерам штампуемого дна.

В технологическом процессе ПГП штамповочные операции по прессовке дна располагаются обычно после вытяжек и непосредственно друг за другом. Это объясняется необходимостью исключить отжиг донной части для сохранения полученных механических качеств. Штамповке обязательно должны предшествовать обрезка полуфабриката последней вытяжки для легкого вхождения в него пуансона прессовки и протирка (обезжиривание) внутренней поверхности дна полуфабриката для предотвращения запрессовки посторонних предметов и появления других видов брака. При прессовке наружная поверхность дна полуфабриката смазывается машинным маслом. Кроме прессовки, в технологический процесс производства орудийных гильз вводят коническую осадку колпака и штамповку дна перед последней вытяжкой.

Определение количества штамповочных операций связано с характером течения металла при холодной штамповке. При этом

большое значение имеют предварительный расчет и обработка рабочих частей инструмента, распределяющего металл в дне гильзы, а также опытная отладка процесса. Штамповочные операции включают от одной до трех штамповок (прессовок) дна и иногда несколько предварительных осадок, подготавливающих донную часть. В США в некоторых технологических процессах также применяют три штамповки.

Количество штамповочных операций приближенно можно определить, основываясь на следующие соотношения.

Если высота соска $h_с$ меньше, а диаметр под фланцем $D_{п\,фл}$ больше толщины дна $T_{дна}$, то операции осадки не делают. Это встречается в производстве ряда гильз стрелкового оружия, где вводится операция предварительной штамповки для повышения стойкости инструмента окончательной штамповки.

В случае $T_{дна} < h_с \leqslant 3T_{дна}$ выполняется одна операция осадки дна.

Если $h_с > 3T_{дна}$, то вводят две предварительные осадки.

При отработке технологического процесса количество осадок и штамповок необходимо проверить по поведению металла, стойкости инструмента и количеству брака.

В технологический процесс производства гильз стрелкового оружия обычно включают не менее двух штамповок по оформлению донной части. Первая штамповка обеспечивает предварительное образование капсюльного гнезда, наковальни, накопление металла для образования дна и фланца и подготавливает материал к получению необходимых механических свойств. Вторая штамповка придает донной части окончательные размеры и механические свойства.

В СССР успешно проведены работы по изготовлению гильз к автоматическим системам с одной штамповкой дна.

Большинство орудийных гильз имеет фланцы и соски, которые образуются из металла дна гильзы. Для того чтобы получить очко под средство воспламенения и фланец, нужно провести несколько штамповочных операций. При этом одна или две из них являются подготовительными и называются осадкой дна.

На вытяжных операциях при изготовлении орудийных гильз происходит утяжка металла из дна полуфабриката в стенки. Это приводит к значительным колебаниям толщины донной части изделия, поступающего после вытяжки, и, как следствие, к усложнению прессовки и получению неравномерных механических свойств материала дна готовой гильзы. Кроме того, вследствие критической степени деформации на свертке в зоне перехода дна к стенкам полуфабриката металл становится при отжиге крупнозернистым. Осадка позволяет выправить сферически изогнутое дно, которое получается в процессе вытяжных операций (регулировка дна), и устранить последствия критической степени деформации материала дна полуфабриката (коническая осадка).

На практике применяют комбинированную операцию — регулировку и коническую осадку, которая, помимо указанных предназначений, обеспечивает:

создание необходимого запаса металла в дне для последней операции прессовки;

разделение металла (в дно и стенки) перед последующими вытяжками, что уменьшает разностенность на вытяжках благодаря хорошей центровки полуфабриката по конической поверхности;

предварительную подготовку формы дна под прессовку — деление объема металла для очка и фланца;

получение строго определенной толщины дна полуфабриката и, следовательно, одинаковых механических свойств материала дна после операции прессовки. Материал донной части после регулировки приобретает равномерно деформированную структуру, при которой не может быть чрезмерного роста зерна и неравномерных напряжений при последнем отжиге.

Определяя место операции осадки при проектировании технологического процесса изготовления изделия, исходят в каждом отдельном случае из необходимости получения наибольшей точности и однообразия изделий при наименьшем расходе инструмента. Обычно первую осадку делают, когда полуфабрикат достигает длины $(1{,}0 \div 1{,}5)d$.

В связи с необходимостью устранения последствий критической степени деформации рекомендуют первую осадку производить сразу после свертки. Принципиальная разница между осадкой и прессовкой состоит в том, что при осадке не стремятся получить определенных механических свойств металла дна, а при прессовке это является основной задачей.

РАСЧЕТ ЧИСЛА ОПЕРАЦИЙ ШТАМПОВКИ ОРУДИЙНЫХ ГИЛЬЗ

Число прессовых операций при производстве орудийных гильз зависит от тех механических свойств, которые необходимо получить в материале дна изделия. Чрезмерное превышение требуемой деформации дна может привести к растрескиванию и разрушению гильзы, значительному износу инструмента, разладке оборудования. Связь между величиной деформации и механическими свойствами материала обычно изображается в виде графика или таблицы.

Обработка донной части орудийных гильз всегда включает одну (редко две) прессовку для окончательного определения формы и механических свойств дна и одну или две осадки для подготовки дна к прессовке. При этом первая осадка осуществляется сразу после свертки. При очень большой толщине дна и сложной его конфигурации целесообразно ближе к последующей вытяжке вводить вторую осадку. Она также обеспечивает пропрессовку угла и повышение механических качеств нижних поясов корпуса гильзы.

Проектируя прессовые операции, необходимо установить величину деформации на прессовке. Изменение толщины дна на осадках может не учитываться и проектируется лишь при чрезмерно высокой степени деформации на прессовке. Величина коэффициента деформации k на прессовке подсчитывается исходя из размеров донной части после прессовки $T_{пр}$ и последней вытяжки $T_{п\,в}$:

$$k_{min} = \frac{T_{п\,в_{min}} - T_{пр_{max}}}{T_{пр_{max}}}; \qquad k_{max} = \frac{T_{п\,в_{max}} - T_{пр_{min}}}{T_{пр_{min}}},$$

где $T_{п\,в_{min}} = T_{ос} - \Delta T$ (ΔT — утяжка на вытяжках).

Максимальную величину деформации определяет k_{max}. В случае необходимости распределить часть деформации на предыдущие операции штамповки, степень сжатия дна на этих операциях находим, используя известную формулу

$$k_э + 1 = (k_{пр} + 1)(k_{ос_1} + 1)(k_{ос_2} + 1),$$

где $k_э = k_{min}$ или k_{max}, определяемых по изменениям толщины дна;

$k_{пр}$ — сжатие дна на прессовке, соответствующее $\sigma_в$ дна гильзы, увеличенному на 5—8 $кГ/мм^2$;

$k_{ос1} = 0$, так как осадку обычно проводят без изменения толщины дна.

Тогда

$$k_{min} + 1 = (k_{пр} + 1)(k_{ос_2} + 1).$$

Таким образом, в технологический процесс изготовления орудийных гильз всегда включают одну прессовку (в случае сложной формы дна и недостаточной мощности оборудования — еще и вторую прессовку), одну осадку (после свертки) и при необходимости вторую осадку (перед последней вытяжкой).

Расчет ведут в такой последовательности.

Вначале определяют величину суммарной деформации донной части гильзы (k_{max} или k_{min}), затем по механическим свойствам находят необходимую степень деформации $k_{пр}$ и определяют величину $k_{ос}$ по соотношению

$$k_{ос} + 1 = \frac{k_{min} + 1}{k_{пр} + 1}.$$

Проверяют, обеспечивается ли достижение требуемых механических свойств материала дна на прессовке:

общая утяжка

$$u = T - T_{п\,в};$$

утяжка на свертке

$$u_{св} = \frac{u}{2};$$

утяжка на вытяжках

$$u_в = \frac{u}{2n},$$

где n — число вытяжек;

толщина дна после свертки

$$T_0 = T - u_{св};$$

толщина дна после осадки

$$k_{ос} = \frac{T_0}{T_{ос}} - 1; \qquad k_{ос} + 1 = \frac{T_0}{T_{ос}}; \qquad T_{ос} = \frac{T_0}{k_{ос} + 1}$$

(если $k_{ос} = 0$, то $T_{ос} = T_0$);

величина осаживания на осадке

$$\Delta T_{ос} = T_0 - T_{ос};$$

общая утяжка на вытяжках

$$u_{в_\sigma} = u_в n = \frac{u}{2};$$

толщина дна последней вытяжки

$$T_{п\,в_{min}} = T_{ос} - u_{в_\sigma};$$

деформация на прессовке

$$k_{пр_{min}} = \frac{T_{п\,в_{min}}}{T_{пр_{max}}} - 1.$$

Пример. Известны величины $T_{пв} = 12{,}7$ *мм*; $T = 14$ *мм*; $T_{пр} = 10$ *мм*; $n = 4$; $\sigma_{в_{дна}} \geqslant 45$ *кГ/мм*^{2}.

Определяем предел упругости дна $\sigma_{упр}$

$$\sigma_в = \sigma_{в\,дна} + (5 \div 8) = 45 + (5 \div 8) = 50\ кГ/мм^2;$$

$$\sigma_{упр} = 0{,}55\,\sigma_в = 0{,}55 \cdot 50 = 28\ кГ/мм^2.$$

По диаграмме Матюнина для обеспечения данных механических свойств находим $k_{пр} = 20\%$.

По исходным величинам определяем

$$k_{min} = \frac{T_{п\,в}}{T_{пр}} - 1 = \frac{12{,}7}{10} - 1 = 0{,}27 = 27\%.$$

Находим деформацию на осадке

$$k_{ос} + 1 = \frac{k_{min} + 1}{k_{пр} + 1} = \frac{0{,}27 + 1}{0{,}20 + 1} = 1{,}06;$$

$$k_{ос} = 0{,}06 = 6\%.$$

Проверяем механические свойства на прессовке с учетом осадки:

$$u = T - T_{\text{п в}} = 14 - 12{,}7 = 1{,}3 \text{ мм};$$

$$u_0 = u_{\text{в}} = \frac{u}{2} = \frac{1{,}3}{2} = 0{,}65 \text{ мм};$$

$$T_0 = T - u_0 = 14{,}00 - 0{,}65 = 13{,}35 \text{ мм};$$

$$T_{\text{ос}} = \frac{T_0}{1 + k_{\text{ос}}} = \frac{13{,}35}{1+0{,}06} = 12{,}6 \text{ мм};$$

$$T_{\text{п в}} = T_{\text{ос}} - u_{\text{в}} = 12{,}60 - 0{,}65 = 11{,}95 \text{ мм};$$

$$k_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{п в}}}{T_{\text{пр}}} - 1 = \frac{11{,}95}{10} - 1 = 1{,}195 - 1 = 0{,}195.$$

$k_{\text{пр}} = 19{,}5\%$, механическне свойства обеспечены при $k_{\min} = 20\%$.

НАЗНАЧЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА ПРЕССОВКЕ

Для получения требуемых размеров и механических свойств дна, для правильной регулировки инструмента, обеспечивающего получение заданных соотношений $T_{\text{фл}}$ и $T_{\text{дна}}$, необходимо установить припуски на донную часть и рассчитать размеры всех элементов дна с учетом этих припусков.

Особенность расчета размеров на прессовке орудийных гильз заключается в том, что их донная часть после прессовки обрабатывается резанием, при котором размеры выдерживаются в допусках, заданных на донную часть готового изделия.

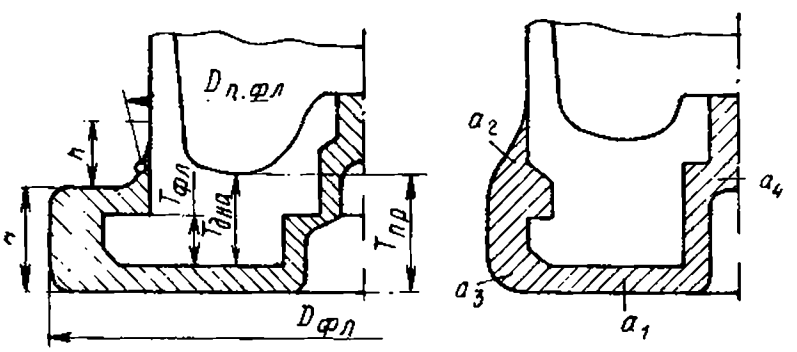

Рис. 54. Припуски на прессовке:
a_1 — на полотно; a_2 — под фланцем; a_3 — на диаметр фланца; a_4 — в очке

В силу больших давлений и затрудненной регулировки инструмента для обеспечения нормальной прессовки припуски необходимо назначать на все размеры донной части (рис. 54).

Размеры, увеличенные по сравнению с чертежами на величины припусков, выдерживаются на прессовке в пределах допусков, заданных на неточность регулировки инструмента и пресса. Таким образом, максимальный размер каждого параметра донной части включает чертежный размер с допуском, припуск и допуск на прессовку.

При установлении припусков на обработку следует учитывать зависимость отдельных размеров донной части друг от друга и следить, чтобы припуски, заданные на определенный размер, не были сняты при получении другого размера.

На донную часть орудийных гильз устанавливают следующие припуски:

— на полотно и толщину фланца (табл. 20) $a_1 = (0{,}2 \div 0{,}8)$ *мм*;

— на обточку части корпуса под фланцем (табл. 21) $a_2 = 0{,}3 \div 0{,}6$ *мм*;

— на диаметр фланца $a_3 = 3 \div 5$ *мм*;

— на очко под средство воспламенения $a_4 = 1$ *мм*.

Таблица 20

Величины припусков a_1 на обработку полотна и фланца, мм

$T_{дна}$	При $D_{фл}$			
	50	50—100	100—150	>150
<5	0,2	0,3	—	—
5—10	0,3	0,4	0,5	0,6
10—15	0,4	0,5	0,6	0,7
>15	—	—	0,7	0,8

Таблица 21

Зависимость припуска a_2 на обточку корпуса под фланцем от величин $D_{п.фл}$ и h, мм

h	При $D_{п.фл}$			
	<50	50—100	100—150	>150
10	0,3	—	—	—
12	—	0,4	—	—
14	—	—	0,5	—
16	—	—	—	0,6

Примечание. Для меньшей деформации дна при обжиме необходимо, чтобы $h > T_{дна} - T_{фл}$.

Следует помнить, что сквозные отверстия на прессовке не получаются в связи с низкой стойкостью и частой поломкой инструмента.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДОННОЙ ЧАСТИ

Максимальную толщину дна на прессовке находим по уравнению

$$T_{пр_{max}} = T_{дна_{max}} + a_1 + \Delta T_{пр},$$

где

$$T_{\text{дна}_{max}} = T_{\text{дна}_{min}} + \Delta T_{\text{дна}}.$$

Толщина дна на прессовке включает два допуска на неточность оформления донной части: $\Delta T_{\text{дна}}$, используемый при обработке резанием, и $\Delta T_{\text{пр}}$ (0,6—1,0 *мм*), используемый при прессовке.

Для гильз калибра $\leqslant 57$ *мм* ($T_{\text{дна}} \leqslant 7$ *мм*) $\Delta T_{\text{дна}} = 0{,}6 \div 1{,}0$ *мм*;

для гильз калибра > 57 *мм* ($T_{\text{дна}} > 7$ *мм*) $\Delta T_{\text{дна}} = 1 \div 2$ *мм*.

Для толщины дна после прессовки устанавливается допуск на разнодонность (косина дна) в пределах допуска на толщину дна (0,5—0,7 *мм*).

Для подсчета максимальной толщины фланца используют зависимость

$$H_{\text{фл}_{max}} = h_{\text{фл}_{\text{ном}}} + a_1 + \Delta T_{\text{пр}} + a_1 + \Delta h_{\text{фл}},$$

где

$$h_{\text{фл}_{\text{ном}}} = h_{\text{фл}_{min}} + \Delta h_{\text{фл}}.$$

Следовательно, толщина фланца на прессовке включает два допуска на фланец $\Delta h_{\text{фл}}$, допуск на полотно $\Delta T_{\text{пр}}$ и два припуска a_1 на дно и фланец. В связи со значительными допусками и припусками на полотно допуск на толщину фланца на прессовке обычно не задают. Допуск на косину задают в пределах припуска на толщину фланца.

Диаметр фланца находим по выражению

$$D_{\text{пр фл}_{min}} = D_{\text{фл}_{min}} + \Delta D_{\text{фл}} + 2a_3.$$

Проверку диаметра фланца на прессовке производят по номинальному размеру. Диаметр фланца должен быть не менее заданной величины.

Диаметр под фланцем подсчитывают по формуле

$$D_{\text{п фл}} = D_{\text{п фл}_{min}} + \Delta D_{\text{п фл}} + 2a_2.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПРЕССОВКЕ УСИЛИЙ

На величину усилий при прессовке оказывают влияние свойства металла заготовки, размеры и форма изделия

$$P_{\text{пр}} = \frac{\pi D^2_{\text{фл}}}{4} \sigma,$$

где σ — напряжение, зависящее от относительного сжатия и величины предела упругости дна.

Рекомендуют брать для латуни $\sigma = 110 \div 120$ *кГ/мм²*, для стали $\sigma = 130 \div 150$ *кГ/мм²*. Более правильно устанавливать удельные давления на основе известных исследований операций осадки с использованием формулы Унксова:

$$\sigma = \sigma_т e^{\frac{\mu d}{h}} \quad \text{или} \quad \sigma = \sigma_т \left(1 + \frac{\mu d}{3h}\right),$$

где $\sigma_т$ — предел текучести материала;

d — диаметр под фланцем;

h — толщина дна последней вытяжки.

Схема установки инструмента на прессовке показана на рис. 55.

Регулировку размеров донной части изделия производят в два этапа:

— требуемой толщины дна изделия достигают, изменяя закрытую высоту пресса и положение штампа *4* относительно пуансона *9*. Для этой цели можно также снять колодку *11* и отрегулировать высоту пуансона, меняя цилиндры стойки *10*, однако это трудоемкая и длительная операция;

— необходимых толщин фланца и дна (эти размеры тесно связаны между собой) добиваются подбором подкладных колец *8*. Подъем матрицы *6* относительно пуансона *9* обеспечивает получение тонкого фланца и толстого дна, опускание матрицы обеспечивает образование толстого фланца и утонение дна, так как металл идет в стороны.

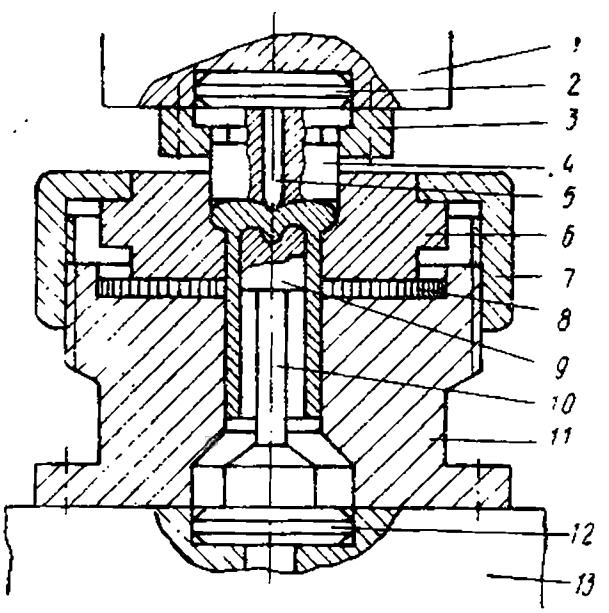

Рис. 55. Схема установки инструмента на прессовке:
1 — ползун пресса; *2*, *12* — опорные шашки под штамп и пуансон соответственно; *3* — штамподержатель; *4* — штамп; *5* — сосок; *6*, *9*, *10* — матрица, пуансон и стойка прессовки соответственно; *7* — гайка; *8* — подкладное кольцо; *11* — колодка; *13* — стол пресса

При прессовке изделия с большой величиной осадки наблюдается некоторое удлинение его корпуса за счет перемещения металла из дна в стенки в зазор между пуансоном и матрицей. При этом улучшаются механические свойства материала нижнего пояса корпуса изделия, что особенно важно для гильз с резким изменением толщины стенки на высоте R и h.

РАБОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ ОПЕРАЦИЙ ОСАДКИ И ПРЕССОВКИ

Пуансоны осадки (рис. 56, *а*) для гильз стрелкового оружия изготовляют целыми, для орудийных гильз — из двух частей: собственно пуансона и стойки, соединенных между собой нарезной шпилькой или общей стяжкой. Профиль пуансона осадки должен сопрягаться с профилем пуансона предыдущей вытяжки. Диаметр цилиндрической части пуансона осадки после свертки должен быть меньше диаметра пуансона свертки на 1—5 *мм* для орудийных гильз и на 0,2—0,5 *мм* для гильз стрелкового оружия:

$$d_{\text{ос}}^{\text{в}} = d_0^{\text{в}} - (1 \div 5)\ мм; \qquad d_{\text{ос}}^{\text{н}} = d_0^{\text{н}} - (0{,}2 \div 0{,}5)\ мм.$$

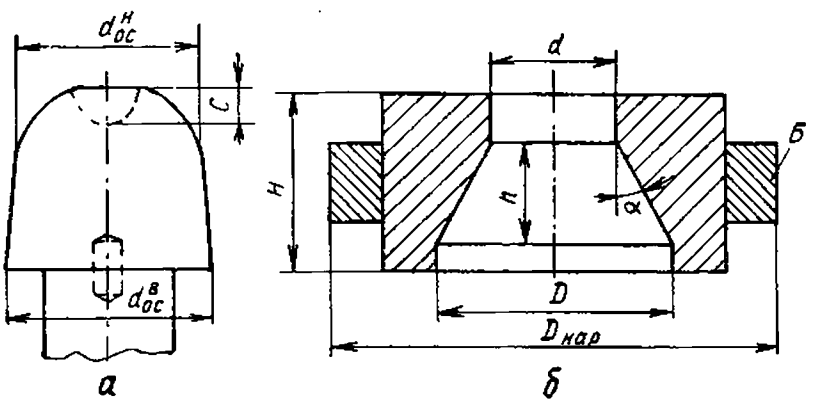

Рис. 56. Пуансон (*а*) и матрица (*б*) осадки

Диаметр пуансона осадки перед последней вытяжкой равен диаметру пуансона предпоследней вытяжки.

Глубина *с* под сосок делается на 1,5—2,0 *мм* больше чертежного размера соска для обеспечения свободного течения металла. Материал пуансонов — стали 5ХНВ, 5ХНМ с твердостью HRC 48—54, поверхность не хромируется.

Матрицы осадки (см. рис. 56, *б*) имеют следующие размеры:

$$D = D_{\text{п ф}} + (0{,}6 \div 0{,}8)\ мм;$$

$$d = D_{\text{п}}^{\text{низ}} - (0{,}4 \div 0{,}5)\ мм; \qquad \alpha = 15 \div 28°;$$

$$h = T_{\text{дна пф}} + (10 \div 12)\ мм; \quad D_{\text{пар}} = 2{,}5 \div 3{,}0\ d;$$

$$H = 1{,}2\ d,$$

где $D_{\text{п ф}}$ — диаметр полуфабриката, поступающего на операцию;
$D_{\text{п}}^{\text{низ}}$ — диаметр нижней матрицы последней вытяжки.

Для усиления матрицы на нее в горячем состоянии надевается бандаж *Б* или в средней части ее делается уступ. Для пропрессовки угла, особенно гильз с высоким давлением пороховых газов, профиль матрицы осадки предпоследней вытяжки изготовляют с двумя конусами. При этом в углу получается мелкозернистая структура и повышаются механические свойства нижних поясов изделия.

Материал матриц — стали У10А, У12А с твердостью HRC 58—61, поверхность не хромируется.

Пуансоны для прессовки дна орудийных гильз обычно делают составными (поскольку они длинные), а для гильз стрелкового оружия — целыми. Длина пуансона со стойками $L_{пр}$ должна быть больше длины полуфабриката последней вытяжки $L_{п\,в}$ (во избежание упирания среза полуфабриката в опорную шашку)

$$L_{пр} = L_{п\,в} + (20 \div 40)\ мм.$$

Глубина очка под сосок делается больше чертежной на 1,0—1,5 *мм* (на случай некоторого излишка металла). Во избежание складок и наплывов металла в донной части профиль пуансона должен вписываться во внутренний профиль полуфабриката предыдущей вытяжки.

Правильность выбора формы пуансона определяется величиной и направлением складок в дне изделия (рис. 57). На складку оказывает влияние радиус закругления $R_{пр}$ и диаметр $d_{пр}$ пуансона

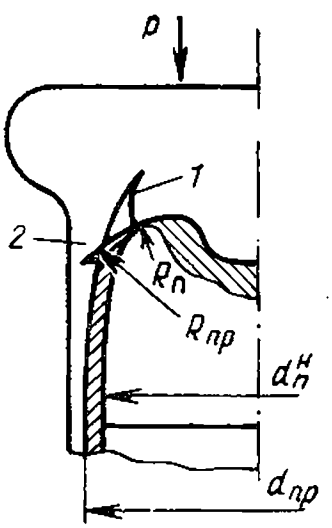

Рис. 57. Расположение складок в дне при прессовке:
1 — в сторону дна;
2 — в сторону фланца

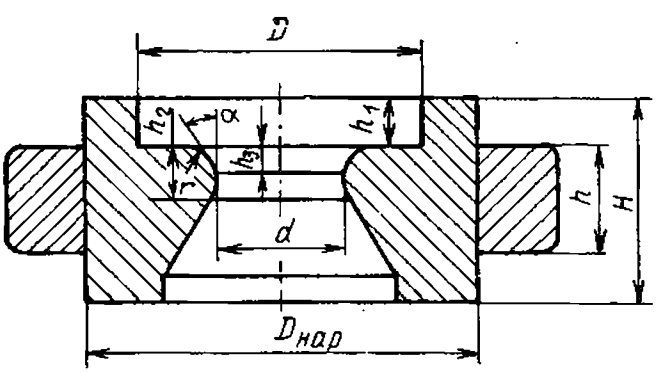

Рис. 58. Матрица прессовки

прессовки. Если радиус $R_{пр}$ больше радиуса пуансона последней вытяжки $R_п$, то складка *1* увеличивается в связи с продавлива-

нием металла штампом. Чем больше диаметр пуансона прессовки $d_{пр}$ сравнительно с диаметром пуансона последней вытяжки $d_{п}^{ц}$, тем больше складка *2* направлена в сторону фланца. Однако чрезмерно малый диаметр пуансона недопустим, так как при этом на прессовке произойдет утечка металла из дна. Материал пуансонов и стоек — стали 5ХНВ, 5ХНМ с твердостью HRC 48—54, поверхность не хромируется. Для прессовки гильз стрелкового оружия могут использоваться стали У12А, ШХ-15 с твердостью HRC 62—64.

Матрицы прессовки (рис. 58) имеют следующие размеры:

$$D_{нар} = (2{,}0 \div 2{,}5)\,d; \quad H = (1{,}1 \div 1{,}3)\,d; \quad h = (0{,}4 \div 0{,}6)\,d;$$

$D = D_{фл\ max} + (6 \div 8)$ *мм* или $D = d_{шт}$ ($d_{шт}$ — диаметр штампа);

$$d = D_{п\ фл} - (0{,}1 \div 0{,}2)\ мм;$$

$h_1 = 20 \div 50$ *мм* в зависимости от калибра изделия;

$$h_2 = 15 \div 20\ мм; \quad r = 1 \div 2\ мм;$$

$$\alpha = 1{,}5 \div 2{,}0°; \quad h_3 = 10 \div 16\ мм.$$

Материал матриц — стали У10А, У12А с твердостью HRC 58—61, поверхность не хромируется.

Коническая часть на высоте h_3 необходима для предотвращения или уменьшения обжатия под фланцем, что может привести к трещинам и отрыву фланца даже при заряжании.

Штампы предназначены:

для штамповки донной части и капсюльного гнезда, а также клеймения полотна гильз стрелкового оружия и авиапатронов;

для плоской регулировки дна и распределения металла перед прессовкой на конической осадке;

для окончательной прессовки донной части орудийных гильз.

При проектировании штампов необходимо учитывать:

— диаметр его рабочей части, окончательно образующей фланец, в зависимости от типа изделия и размеров матрицы;

— профиль его торца, определяемый формой торцовой поверхности изделия;

— соотношение между диаметрами соска и изделия. При величине этого отношения меньше 0,5 штамп следует конструировать составным (с отделяющимся соском). Обычно для производства гильз калибра до 10 *мм* штамп делают целым вместе с соском, а при калибре более 10 *мм* — составным (рис. 59).

Штамп входит в матрицу с зазором, величина которого соответствует пределу допуска на неточность изготовления по скользящей посадке 2-го класса точности. Верхняя и нижняя плоскости штампа должны быть строго перпендикулярны к его оси. Рабочий торец штампа осадки обычно делают плоским для орудийных гильз и плоским, сферическим или фигурным для гильз стрелкового оружия в зависимости от формы штампа 1-й прессовки и необходимости распределения металла в дне. Конфигурацию штампа определяют: тип гильз, диаметр гильзы под фланцем, диаметр и толщина фланца. В случае прессовки с использованием одного штампа распределение металла в дне производится на осадках, а штамп прессовки изготовляют плоским.

Профиль дна в процессе осадки зависит от профиля штампа и может быть плоским или фигурным. В первом случае упрощается изготовление рабочего инструмента, но затрудняется течение металла на прессовке. Штамп этого типа применяют для изготовления гильз с толстым дном и малым диаметром фланца. Фигурный штамп облегчает операцию прессовки и подготавливает металл для образования фланца и очка. Применяется он для производства гильз с тонким дном и большим фланцем. Профиль штампа последней прессовки делается в соответствии с профилем полотна гильзы обычно плоским. Материал штампов — стали 5ХНВ, 5ХНМ. Штампы, как и весь прессовый инструмент, не хромируются, так как это не повышает их стойкости: хром имеет низкий коэффициент линейного расширения и вследствие высоких давлений на прессовке трескается.

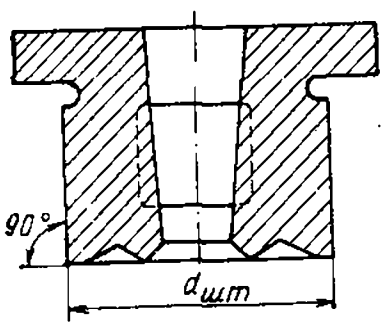

Рис. 59. Штамп прессовки

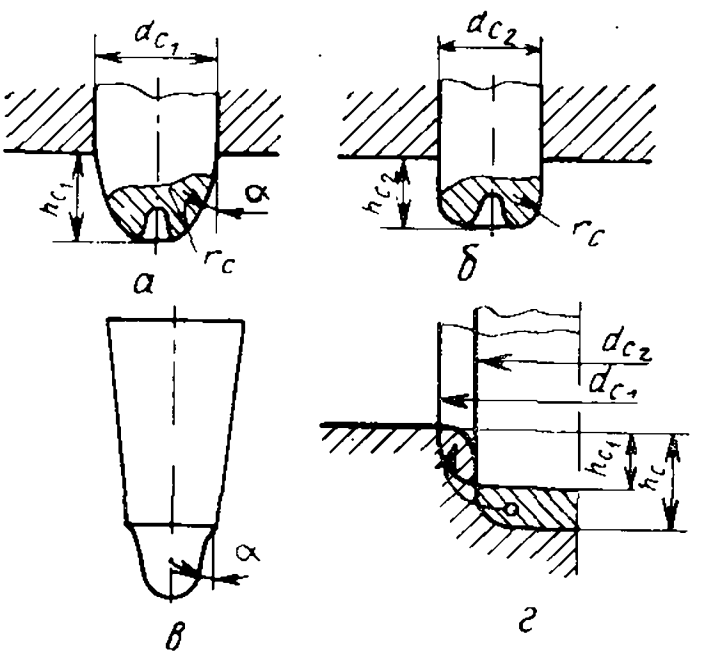

Рис. 60. Соски предварительной (*а*) и окончательной (*б*) штамповки гильз стрелкового оружия, а также прессовки орудийных гильз (*в*), и перемещение металла при образовании капсюльного гнезда (*г*)

Соски (рис. 60) служат для образования капсюльного гнезда или очка под средство воспламенения. Для предварительной штамповки гильз стрелкового оружия и для прессовки орудийных гильз наиболее целесообразна коническая форма соска, обеспечивающая хорошее течение металла и высокую стойкость соска. При выборе формы соска следует учитывать, что смещение (продавливание) металла от краев к центру дна изделия должно быть достаточным для образования полного соска, перегородки, наковальни гильзы.

Диаметр рабочей части соска первой штамповки берется больше диаметра соска второй штамповки

$$d_{c1} = d_{c2} \div \Delta,$$

где $\Delta = 0{,}04 \div 0{,}10$ *мм*.

Размеры соска для окончательной штамповки капсюльного гнезда надо выбирать минимальные с учетом распружинивания полуфабриката.

$$d_{c2} = (0{,}998 \div 0{,}999)\, d_{к\,г},$$

где $d_{к\,г}$ — диаметр капсюльного гнезда.

Большое значение имеет радиус r_c сопряжения боковой и торцовой поверхностей соска, так как при малых радиусах наблюдается надрыв металла. Рекомендуется при $d_{c2} = 4 \div 6$; $6{,}0 \div 7{,}5$; $7{,}5 \div 10{,}0$ *мм* иметь соответственно радиусы сопряжения $r_c = 0{,}3 \div 0{,}25$; $0{,}5 \div 0{,}7$; $0{,}5 \div 0{,}8$ *мм*. Радиус закругления соска первой штамповки берется больше этих на 0,5 *мм*. Угол наклона конической части соска α для гильз стрелкового оружия может быть до 40°, для орудийных гильз — около 12°.

Материал соска — сталь У10А с твердостью HRC 61—63.

МЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРЕССОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

К мерительному инструменту, применяемому на штамповочно-прессовых операциях, относятся:

приборы для определения толщин перегородки и дна, а также глубины капсюльного гнезда и высоты наковальни гильзы;

пробки на диаметр капсюльного гнезда;

кольца на наружный диаметр под фланцем;

глубиномер для измерения глубины очка;

скобы на диаметр и толщину фланца;

шаблоны на концентричность очка или капсюльного гнезда с фланцем;

индикаторный прибор для определения косины дна.

Основные виды и причины брака на штамповочных операциях приведены в табл. 22.

Таблица 22

Виды брака на штамповочных операциях

Вид брака	Причины
Косое дно	1. Несоосность инструмента. 2. Косая установка полуфабриката. 3. Большие зазоры между штампом и входной частью матрицы
Тонкое дно	Повышенное давление на операции
Надрывы соска	1. Неправильная форма инструмента. 2. Риски на рабочей поверхности инструмента. 3. Плохое качество металла полуфабриката
«Тощий» сосок	1. Недостаток металла в донной части полуфабриката. 2. Затруднительное течение металла
Подштамповая складка или недопрессовка угла	1. Несоответствие диаметров пуансонов вытяжки и прессовки. 2. Большой радиус пуансона прессовки. 3. Большая выпуклость для полуфабриката последней вытяжки
Неполная форма фланца или очка	1. Косая установка полуфабриката. 2. Перекос штампа или матрицы. 3. Недостаток металла в полуфабрикате
Неправильная фаска в капсюльном гнезде	1. Неверная регулировка инструмента. 2. Некачественная смазка

§ 5. ОПЕРАЦИИ ОБЖИМА

Обжимные операции в ПГП применяются в целях:

конусования корпуса гильз;

образования дульца и ската;

доведения дульцевой части гильз до диаметра запоясной части снаряда или ведущей части пули;

образования оживальной или остроконечной, а также хвостовой части пули.

На операциях обжима в сочетании с предшествующими прессовыми и термическими операциями изделию придаются окончательная форма и чертежные размеры, а также необходимые механические качества, указанные в ТУ. Правильный выбор размеров полуфабриката на обжиме и числа операций обжима оказывает большое влияние на качество изготовления продукции, количество брака, а также на стойкость дорогого в изготовлении обжимного инструмента.

При обжиме тел вращения различают два случая формоизменения заготовок, имеющих вид колпака: со стороны открытого

конца (обжим гильз) и со стороны дна (обжим пульных оболочек).

Перед операцией обжима гильза находится в наклепанном состоянии. Поскольку на обжиме наибольшим деформациям подвергается дульцевая часть гильзы, а корпус лишь незначительно конусуется, до обжима эта часть латунных и некоторых стальных гильз (примерно 1/3 часть их длины от среза дульца) для освобождения от наклепа, полученного на последней вытяжке, подвергается отжигу. При этом, корпус изделия сохраняет те повышенные механические качества, которые он получил на последней вытяжке.

С целью придания гильзе чертежных размеров в общем случае требуются несколько переходов обжима. Они могут сопровождаться промежуточными отжигами дульцевой части или вестись без них. Отжиг дульца многих стальных орудийных гильз не производится. При этом рассчитывается суммарная деформация обжима и последней вытяжки, а для повышения пластичности стальных гильз перед обжимом их подвергают НТО.

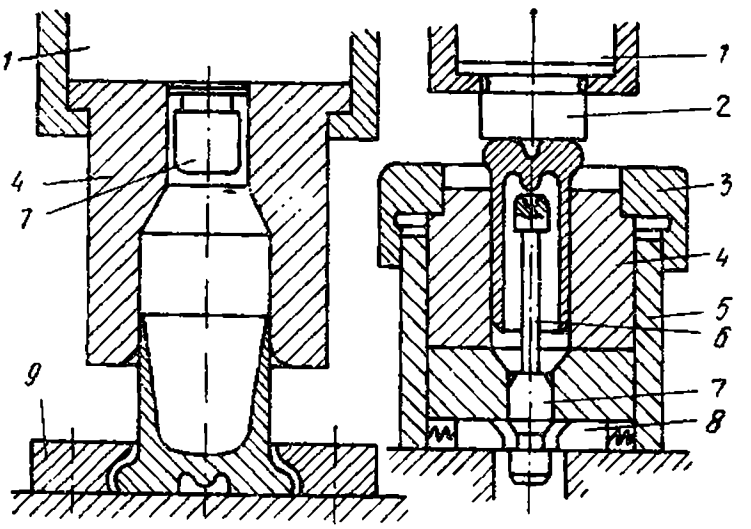

Рис. 61. Схемы установки инструмента на операции обжима:
1 — штуцер; *2* — нажим; *3* — гайка; *4* — матрица обжима; *5* — колодка; *6* — выталкиватель; *7* — обжимной стержень; *8* — собачка; *9* — прихваты

Схемы установки инструмента на обжиме представлены на рис. 61.

На выбор количества переходов обжима оказывают влияние следующие факторы:

— разность диаметров заготовки и готового изделия (или диаметров гильзы под фланцем и дульца). Чем больше эта разница, тем больше переходов обжима;

— толщина стенок гильзы. Чем она больше, тем спокойнее протекает процесс обжима, тем большую деформацию выдержи-

вает гильза и тем меньше требуется переходов обжима, при этом количество брака уменьшается. Поэтому, например, для латунных гильз калибром 45—100 *мм* при толщинах стенок 1,2; 0,7—0,9 и 0,5—0,7 *мм* допускаются обжатия 15; 10—12 и 8—10% соответственно;

— механические качества корпуса изделия и особенно дульца. Слишком жесткий материал приводит к трещинам, слишком мягкий — к складкам. Чем материал мягче или жестче установленного ТУ, тем меньше допустимая величина обжатия за одну операцию, т. е. тем больше переходов обжима;

— конфигурация изделия. Чем сложнее форма, тем больше переходов обжима;

— состав, качество и способ нанесения смазки.

Рассмотрим влияние отдельных факторов на число обжимных операций.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ГИЛЬЗЫ НА ОПЕРАЦИЮ ОБЖИМА

Механические свойства металла оказывают большое влияние на величину допустимой деформации. Чем выше жесткость материала, тем выше его сопротивление деформированию, а следовательно, и тем больше вероятность получения брака — трещин по скату и дульцу. Поэтому до обжима верхнюю часть латунных и некоторых стальных гильз, как наиболее деформированную на вытяжках, обязательно подвергают полному отжигу. После нескольких переходов обжима материал настолько упрочняется, что дальнейшее его деформирование иногда становится невозможным. В таких случаях полуфабрикат подвергают вторичному отжигу и только после этого продолжают деформирование.

Механические свойства металла после отжига оказывают влияние на механические качества готовой гильзы. Механические качества дульца, указанные в чертеже изделия, соответствуют определенной степени деформации. Однако в процессе обжима в несколько переходов суммарный наклеп может оказаться слишком большим. С целью получения строго установленных чертежом механических качеств в процессе обжима проводят промежуточные отжиги дульца. Расчет степеней деформации и промежуточных отжигов ведут так, чтобы суммарная деформация последних переходов обжима обеспечивала требуемые механические свойства дульца.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ НА ПРОЦЕСС ОБЖИМА

Большое влияние на хорошее течение процесса обжима имеет толщина стенки дульца. Этот фактор учитывается соотношением между толщиной стенки дульца перед обжимом и диаметром под фланцем полуфабриката. Чем больше это соотношение, т. е. чем больше толщина стенки дульца, тем большую степень деформации

можно допустить за каждый переход. Если $\frac{T}{D_{\text{п.фл}}}100<1{,}25\%$, то $H_{\text{оп}}=8\div10\%$, если $\frac{T}{D_{\text{п.фл}}}100>1{,}25\%$, то $H_{\text{оп}}=12\div17\%$.

Пример. Определить количество переходов обжима, необходимость промежуточного отжига и размеры полуфабриката по переходам для изделия с $D_{\text{п.фл}}=82{,}3$ *мм*, $d_{\text{д}}=57{,}1$ *мм*, $T_{\text{п.в}}^{\text{в}}=1{,}3$ *мм*. Материал — латунь Л70. Дульце после обжима должно иметь $\sigma_{\text{в}}=34\div41$ *кГ/мм*^{2}, что соответствует $H^{\text{в}}=20\div22\%$ (по русской шкале).

1. Определяем величину отношения толщины стенки к диаметру под фланцем

$$\frac{T^{\text{в}}_{\text{п в}}}{D_{\text{п фл}}}=\frac{1{,}3}{82{,}3}=0{,}0158,\quad \text{т.е. } >1{,}25\%$$

2. Выбираем $H_{\text{ср}}=13\%$.
3. Высчитываем число переходов обжима

$$n=\frac{\lg D_{\text{п фл}}-\lg d_{\text{д}}}{\lg(1+H_{\text{ср}})}=\frac{\lg 82.3-\lg 57,1}{\lg 1,13}=3.$$

4. Задаемся степенью деформации на первом переходе:

поскольку $\frac{T_{\text{п в}}^{\text{в}}}{D_{\text{п фл}}}100>1{,}25$, принимаем $H_1=17\%$.

5. Определяем диаметр на первом переходе

$$d_1=\frac{D_{\text{п фл}}}{1+H_1}=\frac{82{,}3}{1+0{,}17}=70\ \textit{мм}.$$

6. Проверяем, на какую величину нужно деформировать полуфабрикат первого обжима, чтобы довести его до размеров готового изделия:

$$H_{2,3}=\frac{70{,}0-57{,}1}{57{,}1}100=\frac{12{,}9}{57{,}1}100=22{,}5\%.$$

Такая деформация обеспечивает требуемые по ТУ механические качества дульца гильзы. Полуфабрикат первого обжима уже деформирован на 17%. Следовательно, для обеспечения требуемых механических свойств дульца готового изделия на втором и третьем обжимах необходимо провести отжиг полуфабриката первого обжима.

7. Определяем деформацию второго перехода

$$H_2=H_1-aH_{\text{ср}}=17-0{,}4\cdot13=12\%.$$

8. Подсчитываем диаметр второго перехода

$$d_2=\frac{d_1}{1+H_2}=\frac{70}{1{,}00+0{,}12}=62{,}5\ \textit{мм}.$$

9. Определяем деформацию третьего перехода

$$H_3=12-0{,}2\cdot13=10\%.$$

10. Проверяем диамстр дульца

$$d_3=\frac{62{,}5}{1{,}0+0{,}1}=\frac{62{,}5}{1{,}1}=56{,}8\ \textit{мм}.$$

11. Проверяем деформацию на третьем переходе

$$H_3 = \frac{d_2}{d_3} - 1 = 0{,}09 = 9\%.$$

Итак, технологический процесс обжима данного изделия включает:

отжиг дульца для снятия вытяжного наклепа;

первый обжим с деформацией 17% до диаметра 70 *мм*;

промежуточный отжиг дульца для снятия обжимного наклепа и обеспечения необходимых механических качеств на втором и третьем обжимах;

второй обжим с деформацией 12% до диаметра 62,5 *мм*;

третий обжим с деформацией 9% до диаметра 57,1 *мм*;

НТО для снятия внутренних напряжений в дульце, предупреждающий саморастрескивание изделия и повышающий пластичность материала дульца для лучшей закатки снаряда.

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ИЗДЕЛИЯ НА ПРОЦЕСС ОБЖИМА

Простота конфигурации изделия благоприятно влияет на процесс обжима. При одной и той же степени деформации операция обжима будет протекать энергичнее и проще при простом конусовании гильзы (рис. 62, *а*), чем при обжиме гильз, имеющих переход от корпуса к дульцу через скат (см. рис. 62, *б, в*). Процесс обжима усложняется с увеличением углов конусности корпуса α и ската β.

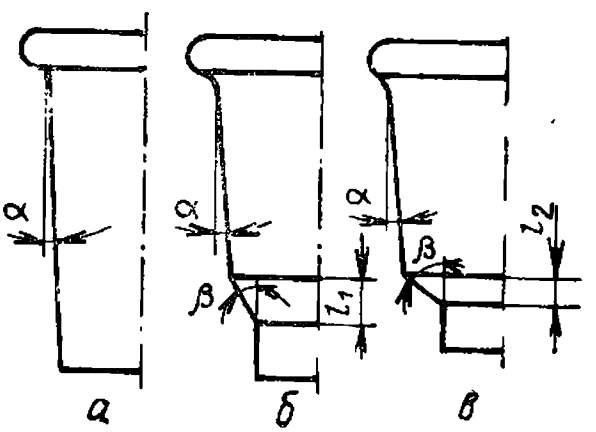

Рис. 62. Конфигурация гильзы:
а — простая; *б* — сложная; *в* — очень сложная

При одинаковой разности диаметров сложность операции возрастает с уменьшением длины ската *l*. Чем резче переходы, тем труднее протекает процесс и тем выше процент брака по складкам и гофрам. Это объясняется наложением напряжений в материале корпуса от образования ската и дульца. Поэтому целесообразно обжим гильз сложной конфигурации разделить на несколько простейших переходов, при которых корпус постепенно доводится до требуемой формы. При этом нельзя допускать пересечения профилей матриц, так как это приведет к многократным перегибам

металла корпуса, «запиранию» металла в местах перегибов и дополнительным напряжениям в изделии. Все эти факторы вызовут резкое увеличение брака по складкам и гофрам.

СМАЗКА НА ОБЖИМЕ

В процессе обжима возникают весьма большие силы трения, поскольку вся поверхность изделия соприкасается с рабочей поверхностью матрицы. Поэтому смазка полуфабриката на обжиме играет не меньшую роль, чем на вытяжках: она уменьшает силу трения и поглощает часть тепла, возникающего в процессе деформации. Подбор смазки для обжима — ответственная операция, требующая проведения ряда опытных работ.

В состав смазки для обжима орудийных гильз непременным компонентом должен входить жир, отсутствующий в вытяжных смазках. Многочисленные опыты показали, что все смазки, не имеющие в своем составе жиров, на обжиме применяться не могут. Изделия, покрытые такими смазками, не идут в матрицу, сминаются.

Обычно для смазки на обжиме применяются компрессорные или цилиндровые масла и смеси этих масел с мыльным раствором. Наилучшей смазкой на обжиме стальных орудийных гильз следует считать смесь 10—12%-ного мыльного раствора с 20—30% нигрола. Смазка должна быть хорошо промешана до образования однородной массы. При загустевании смазку рекомендуется слегка подогреть.

Таблица 23

Виды и причины брака на обжиме

Вид брака	Причины
Поперечные складки корпуса	1. Отсутствие смазки. 2. Мягкое дульце. 3. Жесткий корпус
Продольные складки (гофрировка)	Густая смазка
«Горбатые» гильзы	1. Неравномерные механические свойства материала гильзы по длине. 2. Неравномерный отжиг перед обжимом
Трещины и сдвиг металла	1. Высокая жесткость металла полуфабриката. 2. Недостаточный отжиг

Особое внимание следует обратить на способ нанесения смазки на изделие. Перед операцией изделие должно быть насухо протерто, так как попадание в матрицу обжима посторонних частиц (тем

более воды) приведет к появлению вмятин на корпусе изделия. Смазка наносится тонким равномерным слоем на всю поверхность корпуса. При слишком густой смазке на корпусе возникают продольные гофры. Неравномерное нанесение смазки вызывает задиры в сухих местах корпуса, а отсутствие смазки или недостаточный ее слой — поперечную гофрировку изделия (табл. 23).

Смазка для обжима гильз стрелкового оружия — мыльный раствор.

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБЖИМНЫХ ОПЕРАЦИЙ ОРУДИЙНЫХ ГИЛЬЗ

Порядок расчета следующий.

1. По необходимым механическим свойствам определяем величину деформации на операциях последних обжимов

$$\sigma_{в} \approx H_{мех}\%.$$

2. Находим суммарную деформацию на обжиме

$$H_{\sigma} = \frac{D_{п\,фл} - d_{д}}{d_{д}}.$$

Она включает деформации, обеспечивающие формирование и заданные механические свойства гильзы:

$$(H_1 + 1)(H_2 + 1)\ldots(H_{мех} + 1) = H_{\sigma} - 1.$$

3. Определяем ту часть деформации, которая обеспечивает формоизменение,

$$(H_1 + 1)(H_2 + 1)\ldots = \frac{H_{\sigma} + 1}{H_{мех} + 1}.$$

4. Распределяем эту часть деформации так, чтобы $H_1 > H_2 > \ldots$, учитывая, что операционная деформация должна быть в пределах 10—15% для стали и 15—20% для латуни. При этом следует также учитывать относительную толщину стенки.

5. Деформации по механическим свойствам

$$(H_{мех1} + 1)(H_{мех2} + 1)\ldots = H_{мех} + 1$$

тоже распределяем так, чтобы $H_{мех1} > H_{мех2} > \ldots$.

6. Определяем деформации за весь технологический процесс обжима с таким расчетом, чтобы они убывали от первого к последнему переходу

$$H_1 > H_2 > \ldots > H_{мех1} > H_{мех2} > \ldots.$$

Таким образом устанавливается число переходов обжима.

7. Учитывая необходимость восстановления пластичности материала, при суммарной операционной деформации более 30% сле-

дует вводить отжиг дульца. Перед последними переходами обжима, обеспечивающими механические свойства, также следует установить отжиг дульца. Отсюда находим необходимое количество отжигов и их местоположение в технологическом процессе.

8. Определяем размеры полуфабриката по переходам:

$$d_1 = \frac{D_{\text{п фл}}}{1 + H_1}; \qquad d_2 = \frac{d_1}{1 + H_2}; \ldots .$$

9. Строим график профилей обжимных матриц и окончательно определяем действительное число и размеры обжимов с учетом конфигурации изделия.

Пример расчета. Имеем $D_{\text{п фл}} = 102$ *мм*, $d_{\text{д}} = 76{,}1$ *мм*, $\sigma_{\text{в}} = 34 \div 41$ *кГ/мм*^{2}. Определяем:

$$1.\ H_{\text{мех}} = 20 \div 22\% \text{ или } H_{\text{мех}} = 0{,}2.$$

$$2.\ H_{\text{о}} = \frac{102{,}0 - 76{,}1}{76{,}1} = 0{,}345.$$

$$3.\ (H_1 + 1)(H_2 + 1) \ldots = \frac{0.345 + 1}{0{,}2 + 1} = \frac{1.345}{1{,}2} = 1{,}12.$$

$$4.\ (H_{\text{мех1}} + 1)(H_{\text{мех2}} + 1) \ldots = 0{,}2 \div 1;$$

$$\text{при } H_{\text{мех1}} = 11\% \qquad H_{\text{мех2}} + 1 = \frac{0{,}2 + 1}{0{,}11 + 1} = \frac{1{,}20}{1{,}11} = 1{,}08.$$

$$\text{откуда } H_{\text{мех2}} = 8\%.$$

$$5.\ d_1 = \frac{102}{1 + 0{,}12} = 91 \text{ мм}, \qquad d_2 = \frac{91}{1 + 0{,}11} = 82 \text{ мм},$$

$$d_3 = \frac{82}{1 + 0{,}08} = 76{,}1 \text{ мм}$$

Таким образом, имеем три обжима и три отжига — перед первым и вторым обжимами и после третьего обжима.

РАБОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ ОБЖИМА ГИЛЬЗ

Номенклатура рабочего обжимного инструмента включает: обжимные матрицы и стержни, штампы-нажимы (давильники), выталкиватели, расправочные или калибрующие стержни.

Для обжима гильз стрелкового оружия на многопозиционных прессах комплект инструмента состоит из расправочного стержня, нескольких матриц и обжимных стержней различных переходов.

На однопозиционных прессах и автоматических роторных линиях в комплект рабочего инструмента входят матрицы, пуансон-заталкиватель и выталкиватель, служащий также обжимным стержнем.

При обжиме орудийных гильз на многопозиционных прессах применяют несколько матриц и обжимных стержней одного перехода, один или два штампа-нажима, один или несколько выталкивателей; на однопозиционных прессах — матрицу, штамп-нажим и выталкиватель. Обжимные стержни для орудийных гильз применяются только при относительно тонких стенках изделия или затрудненном обжиме.

С помощью расправочных стержней (рис. 63) гильзы подготавливаются под обжим, устраняются вмятины на боковой поверхности, полученные по различным причинам, особенно во время транспортировки. Кроме того, расправочные стержни обеспечивают калибровку внутреннего диаметра дульца после обжима и доводку его до чертежных размеров. Материал — стали У8 и У10 с твердостью HRC 60—64. Стержни работают только на истирание, поверхность их хромируют (толщина слоя хрома 0,02—0,03 *мм*).

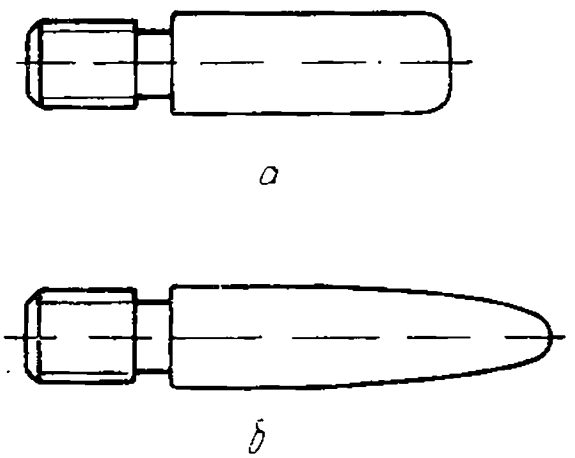

Рис. 63. Расправочные стержни:
а — цилиндрический; *б* — цилиндроконический

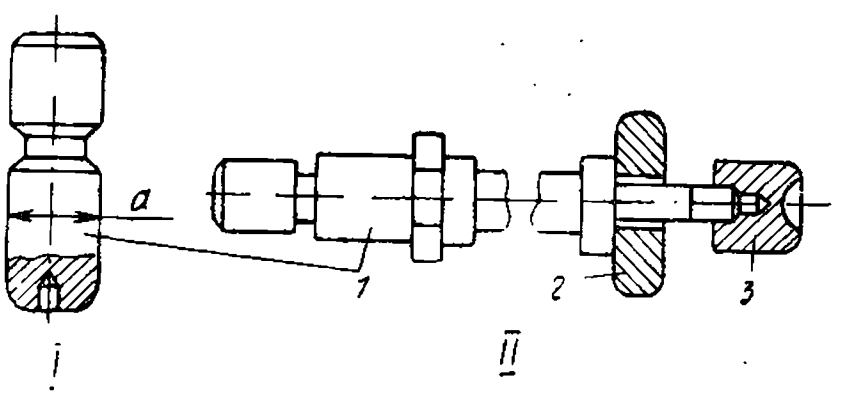

Рис. 64. Обжимные стержни:
1 — стержень; *2* — обжимное кольцо; *3* — гайка выталкивателя

Обжимные стержни (рис. 64) устанавливаются в дульцевой части матрицы и предназначены для уменьшения возможности появления складок на дульце и иногда для получения тре-

буемого внутреннего диаметра дульца. Обжим гильз можно производить и без обжимных стержней, но это при относительно тонких стенках приводит к образованию складок и, следовательно, увеличению брака. Например, при обжиме винтовочных стальных гильз без стержня брак составляет 10—12%, а со стержнем 3—4%.

Стержни типа I применяются на многопозиционных вертикальных, а типа II — на однопозиционных горизонтальных прессах. Они обычно используются при обжиме гильз калибра 14,5—37,0 *мм*. Материал — стали У10, У12 с твердостью HRC 60—64, поверхность хромируется.

Обжимные матрицы (рис. 65) представляют собой ступенчатые цилиндры и состоят из четырех участков: заходного *1*, корпусного *2*, скатного *3* и дульцевого *4*.

Износ отдельных участков матрицы неодинаков: наибольший износ имеет скатно-дульцевая часть. С целью повышения износоустойчивости обжимные матрицы делаются с твердосплавными вкладышами *6*, а скатно-дульцевую часть отделяют. На боковых поверхностях матриц последнего и предпоследнего обжимов в точках перехода корпуса в скат сверлят три — четыре отверстия *7* (∅ 2—3 *мм*), предназначенные для удаления воздуха и излишка смазки, остающейся между полуфабрикатом и рабочей поверхностью матрицы. Без этих отверстий на гильзах образуются выпучивания и складки.

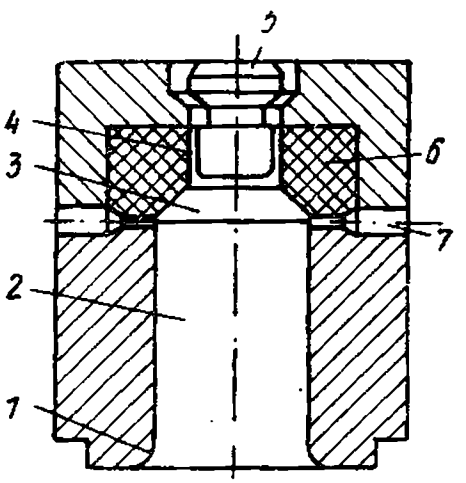

Рис. 65. Обжимная матрица: *1, 2, 3, 4* — заходная, корпусная, скатная и дульцевая части соответственно; *5* — обжимной стержень; *6* — твердосплавный вкладыш; *7* — отверстие для выхода смазки

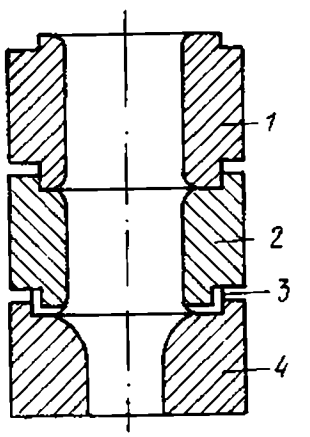

Рис. 66. Обжимная матрица орудийных гильз: *1, 2, 4* — верхняя, средняя и нижняя части соответственно; *3* — отверстие для выхода смазки

Матрицы для обжима орудийных гильз выполняются, как правило, из двух — трех частей в зависимости от длины гильзы (рис. 66). Это облегчает обработку гильз, установку матриц и

улучшает процесс обжима. Материал матриц — стали У10А, У12А или твердый сплав, твердость HRC 58—62. Матрицы хромируют, а твердосплавные вкладыши доводят.

С целью уменьшения усилия и увеличения обжатия на предварительных операциях обжима орудийных гильз иногда прибегают к кольцевому или ступенчатому обжиму. В этом случае рабочим инструментом являются обжимные кольца, установленные между дистанционными кольцами. Матрицы конструируют так, чтобы дульце и скат помещались в габаритных размерах одного кольца. При кольцевом обжиме вследствие меньшей площади соприкосновения матрицы и изделия и лучших условий смазки трение уменьшается.

Проектирование матриц для обжима гильз

Основным рабочим инструментом обжима являются матрицы обжима и переобжима. Назначение обжимных матриц — придание гильзам конфигурации и размеров в соответствии с чертежом. Назначение матриц переобжима — восстановление размеров стреляных орудийных гильз для повторного их использования. При этом размеры обжимных и переобжимных матриц должны обеспечить получение одинаковых зазоров по каморе как новых, так и реставрированных гильз.

Исходные данные для проектирования матриц: чертеж гильзы с ТУ, чертеж полуфабриката до и после обжима, техническая характеристика прессов.

Исходные данные для выбора рабочих размеров и профиля обжимных матриц:

наружный диаметр готовой гильзы, соответствующие длины и допуски на размеры гильзы;

величины упругого изменения размеров гильзы по выходе из матриц обжима и переобжима;

точность изготовления обжимных матриц;

способ установки изделий и крепления матриц для выполнения операции обжима, а также способ выталкивания гильз после операции;

профиль матриц прессовки и припуски на механическую обработку (для гильз, обтачиваемых по корпусу);

число обжимных переходов;

величины зазоров, обеспечивающих вхождение гильзы в камору.

На величину упругого изменения размеров гильзы после обжима оказывают влияние:

— степень обжатия и механические свойства материала изделия; чем больше обжатие и $\sigma_в$, тем значительнее упругие деформации;

— толщина стенки изделия; чем тоньше стенка, тем больше упругие изменения;

— положение рассматриваемого участка; чем он ближе к дульцевой части, тем больше упругие деформации.

При проектировании обжимных матриц и согласовании их размеров с размерами гильзы строят график профилей («микроскоп») обжимных матриц (рис. 67).

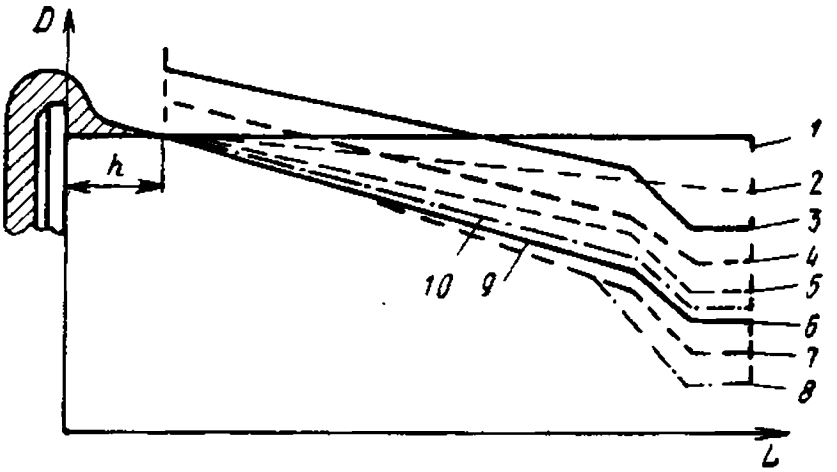

Рис. 67. График профилей обжимных матриц:
1 — гильзы после прессовки; *2*, *3*, *8* — матриц первого, последнего и второго обжима соответственно; *4*, *5*, *7* — камор ОТК завода, оружия и представителя заказчика соответственно; *6*, *9* — готовой гильзы и матрицы переобжима; *10* — цеховой поверочной каморы

На графике (длина гильзы L откладывается в масштабе 1 : 1 или 2 : 1, диаметр D — в масштабе 100: 1) вычерчиваются профили каморы оружия *5* и готовой гильзы *6*. Расстояние между профилем каморы и верхним предельным размером гильзы составляет зазор в каморе, обеспечивающий легкое вхождение в нее гильзы и нормальное извлечение последней из каморы после выстрела. Зазоры по каморе принимаются в размерах 1% от соответствующего диаметра корпуса и 1,5—2,0% от размера ската и дульца. Размеры готового изделия (профиль *6*) и матрицы последнего обжима (профиль *3*) не совпадают в силу наличия упругих деформаций в гильзе по выходе ее из матрицы. Профиль матрицы последнего обжима строится с учетом этих деформаций. На график наносится профиль *1* заготовки, поступающей на обжим. Зная число обжимов и размеры дульца по переходам, строятся профили матриц промежуточных обжимов. При этом следят, чтобы не было перегибов материала и пересечения профилей во избежание перенапряжения металла. Желательно также отделить формообразование дульца и ската от формообразования корпуса.

Матрицы переобжима (профиль *9*) отличаются от матриц обжима большей деформацией в дульце и скате.

На график наносят также профили поверочных камор цеха *10*, ОТК завода *4* и военпреда *7*.

Проектирование матриц последнего обжима орудийных гильз

При конструировании обжимных матриц для изделий, у которых донная часть оформляется токарной обработкой, необходимо учесть припуск на эту обработку и величины упругих изменений по диаметру и длинам.

Длину заходной части матрицы L_1 (рис. 68) следует устанавливать в зависимости от калибра изделия. Рекомендуется при $D_{\text{п фл}} =$ до 50, 50—100, 100—150 и более 150 *мм* иметь соответственно $L_1 = 10$, 12, 14 и 16 *мм*. Общая длина низа корпуса изделия

$$l_1 = L_1 + k,$$

где $k = a_1$ — припуск на обточку фланца.

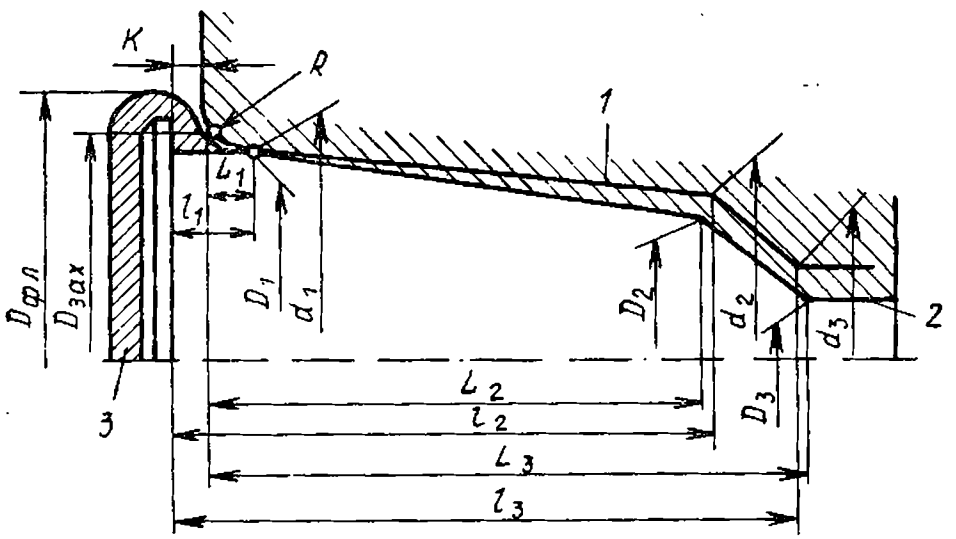

Рис. 68. Проектирование матрицы последнего обжима:
1 — профиль готовой гильзы; *2* — профиль матрицы обжима; *3* — контур гильзы с припуском для токарной обработки

Наблюдается пружинистость корпуса по высоте как в силу пластических деформаций, так и в связи с упругими изменениями диаметров. Принимают общую пружинистость корпуса по высоте в пределах 0,5—1,5 *мм*. Упругая деформация корпуса увеличивается от фланца к дульцу, поэтому расстояния до ската и дульца в матрице устанавливают меньшие, чем в изделии на величину припуска на обточку фланца и пружинистости корпуса по высоте. Длина корпусной и заходной частей матрицы

$$L_2 = 0{,}999\, l_2 - k.$$

Длина корпусной, заходной и скатной частей матрицы

$$L_3 = 0{,}998\, l_3 - k.$$

Длины l_1, l_2, l_3 определяют по чертежу гильзы. Длина дульцевой части матрицы берется больше длины дульца изделия на 10—20 *мм* с учетом удлинения гильзы на обжиме.

При обжиме на механических прессах длину матрицы уменьшают на 0,5—2,0 *мм*, гарантируя отсутствие деформации фланца при работе в упор.

Поскольку диаметр полуфабриката прессовки больше диаметра матрицы прессовки (в связи с упругими деформациями) на 0,5—1,0 *мм*, диаметр заходной части

$$D_{зах} = D_{пресс} + (0{,}5 \div 1{,}0)\ мм.$$

Радиус заходной части гильзы R больше радиуса матрицы прессовки в 1,5—2,5 раза и принимается равным 2—5 *мм*. Все остальные диаметры матрицы обжима берутся меньшими соответствующих диаметров изделия на величину пружинистости:

$$D_1 = 0{,}999\, d_1; \qquad D_2 = 0{,}997\ d_2; \qquad D_3 = 0{,}995\ d_3.$$

Рекомендуют принимать следующие величины пружинистости на обжиме:

$$\delta_3 = (0{,}2 \div 0.3)\%\ \text{от}\ d_3,$$

$$\delta_2 = (0{,}3 \div 0{,}4)\%\ \text{от}\ d_2,$$

$$\delta_1 = (0{,}5 \div 0{,}6)\%\ \text{от}\ d_1.$$

Таким образом, учитывая допуски на полуфабрикат и инструмент, а также пружинистость, диаметры матрицы обжима должны определяться по формулам:

$$D_3 = d_{д\ нар} - 0{,}5\,(\Delta d_д + \sigma_\Sigma) - \delta_3 - p;$$

$$D_2 = d_{ск\ нар} - 0{,}5\,(\Delta d_{ск} + \sigma_\Sigma) - \delta_2;$$

$$D_1 = d_{к\ пар} - 0{,}5\,(\Delta d_к + \sigma_\Sigma) - \delta_1,$$

где Δd — допуск на размер полуфабриката;

σ_Σ — суммарный допуск на износ и изготовление матрицы;

$p = (0{,}1 \div 0{,}3)$ *мм* — увеличение наружного диаметра дульца при раздаче.

В общем случае величину упругого изменения диаметра можно определить, используя закон Гука:

$$\delta = \frac{\sigma_т}{E} D_x,$$

где E — модуль упругости;

D_x — диаметр изделия в данном сечении после обжима;

$\sigma_т$ — предел текучести металла при степени деформации $H_{обж_x}$ в данном сечении. Подсчитав по зависимостям:

$$H_{обж_x} = \frac{D_{п\,фл} - D_x}{D_x}; \qquad H_э + 1 = (H_{обж_x} + 1)(H_п + 1)$$

значение величины $H_э$, находят $\sigma_т$ и $\sigma_в$.

Проектирование матриц переобжима ведется также как и проектирование матриц обжима, только без учета припуска k и с уменьшением диаметра ската и дульца матрицы.

Наружные диаметры обжимных матриц с учетом обеспечения прочности последних назначают в зависимости от диаметров гильз под фланцем. При $D_{п\,фл} = 20 \div 50$, $50 \div 80$, $80 \div 120$, $120 \div 160$, $160 \div 200$, $200 \div 240$ и $240 \div 300$ *мм* соответственно принимают $D_{нар} = 70$, 110, 150, 200, 240, 280 и 360 *мм*.

ОБЖИМ ПУЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК

Технология изготовления пульных оболочек в первой своей части, т. е. на вырубно-сверточных и вытяжных операциях, аналогична технологии изготовления гильз, но без штамповочных операций. Расчеты сверточно-вытяжных операций также подобны. Некоторые особенности расчета обуславливаются тем, что вытяжка пульных оболочек осуществляется в большей степени за счет изменения диаметров и в меньшей степени за счет изменения толщины стенки.

Если на последней вытяжке гильз получаются механические свойства нижних поясов корпуса, то на последней вытяжке пульной оболочки определяются механические свойства ведущей части пули.

Одним из показателей, характеризующим качество оболочки, является твердость, определяемая наклепом. Наклеп по длине оболочки распределяется неравномерно: наибольшие его значения — в вершине и оживальной части. Мягкая ведущая часть оболочки необходима для обеспечения хорошего врезания пули в нарезы, а также для предупреждения демонтажа пули при выстреле и порчи канала ствола оружия.

Жесткая оживальная часть обеспечивает хорошее разрезание воздуха в полете и надежное поражение противника.

Наклеп на ведущей цилиндрической части получается в основном на вытяжках, проводимых после последнего отжига. Наклеп на оживальной части образуется, главным образом, на обжиме.

Обжимной пуансон *6* (рис. 69), имеющий профиль внутренней поверхности изделия, входит в колпачок и при своем движении вперед заталкивает его в матрицу *7*. Диаметры рабочей части матрицы меньше наружного диаметра заготовки. Поэтому сечение колпачка изменяется, уменьшается диаметр и толщина стенок,

накапливается металл в носике. При этом увеличивается длина полуфабриката. При обратном ходе пуансона оболочка удаляется выталкивателем *9* или снимается с пуансона съемником. Большое значение имеют точная установка, монтаж и подгонка выталкивателя, так как с его помощью формируется вершинка пули. Неправильная форма вершинки снижает кучность боя, а царапины на ней вызывают разрыв пули при ударе в преграду, что запрещено международной конвенцией. Поэтому операция обжима пульных оболочек требует не меньшего внимания, чем обжим дульца гильз.

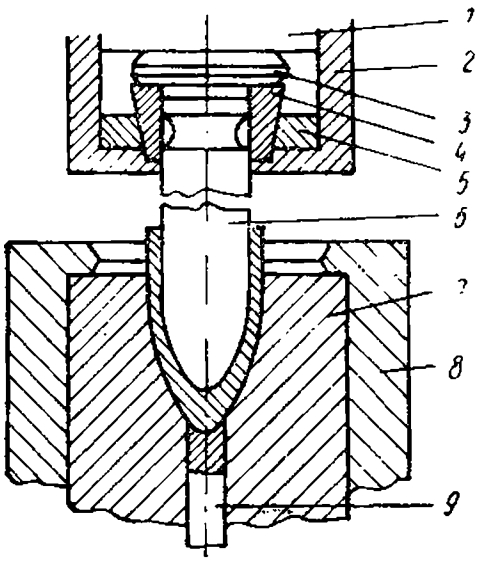

Рис. 69. Установка инструмента при обжиме пульных оболочек: *1* — штуцер; *2* — гайка; *3* — шашка; *4* — разрезной конус; *5* — конус крепления; *6* — пуансон обжима; *7* — матрица; *8* — колодка; *9* — выталкиватель

Существуют два способа получения необходимой формы пульной оболочки:

— заготовка в виде колпачка в результате обжима получает форму ступенчатого цилиндра с плавными радиусами сопряжений между ступенями; последняя операция обжима обеспечивает калибровку оживальной части. Этот способ широко распространен на американских и некоторых немецких патронных заводах;

— требуемая форма оболочки образуется путем последовательного изменения боковой поверхности и дна без каких-либо уступов. Этот способ является основным на заводах СССР.

Особенности расчета операций обжима оболочек

При обжиме гильз имеют место напряжения сжатия в тангенциальном, радиальном и осевом направлениях. При обжиме пульных оболочек наблюдаются напряжения сжатия в тангенциальном и растягивающие напряжения в осевом направлениях. Обжим пульных оболочек в отличие от обжима гильз с большим основанием можно представить как незавершенную вытяжку без утонения стенок. Следовательно, принятую ранее методику расчета числа и размеров обжима гильз можно применить и в этом случае.

Исходными данными для расчета обжима пульных оболочек являются размеры готовой оболочки и полуфабриката последней вытяжки, а также качество и механические свойства металла оболочки. При расчете исходят из средней величины общего обжатия и соответствующих величин операционных обжатий. При этом

деформация на первых переходах должна быть больше, чем на последних. На величину обжатия и количество переходов оказывают влияние:

— толщина стенок обжимаемой оболочки. Чем толще дно и стенка, тем больше обжатие и меньше переходов;

— диаметр заготовки перед обжимом и форма вершинки пули. Чем меньше диаметр и острее вершинка, тем меньше обжатие на промежуточных переходах обжима и больше на последних;

— качество металла и его состояние перед обжимом. Чем мягче металл, тем больше обжатие.

Образование заднего конуса пули

Образование заднего конуса пули по характеру деформации похоже на обжим гильз. В том и другом случаях деформируется открытая часть полуфабриката, имеет место всестороннее сжатие и происходит утолщение стенки.

В отличие от обжима гильз оболочка перед конусованием не отжигается, хотя и сильно наклепана на предыдущих операциях. Это объясняется влиянием отжига на твердость ведущей части пули. Поэтому во избежание появления трещин или складок операция образования заднего конуса пули требует согласования степеней деформации на последней вытяжке и на обжимных операциях. Следует учитывать, что отношение толщины стенки к диаметру в пульных оболочках значительно больше, чем у гильз. Это также влияет на количество обжимов. Для образования заднего конуса пуль, находящихся на вооружении Советской Армии, применяется не более двух операций, причем вторая операция является калибрующей.

Рабочий инструмент обжима пульных оболочек

Комплект инструментов включает: обжимные матрицу и пуансон, выталкиватель, приспособление-съемник и детали крепления.

Обжимные матрицы (рис. 70) бывают трех типов: I и II — для обжима; III — для переобжима и расправки. Матрицы I и II типов имеют на внутренней поверхности две части: рабочую по форме оболочки и направляющую под выталкиватель. При диаметре пули более 3 *мм* направляющая часть гладкая, при меньших диаметрах — ступенчатая. Материал матриц — сталь У12А с твердостью HRC 59—62, рабочая поверхность хромируется (толщина слоя хрома 0,005—0,010 *мм*).

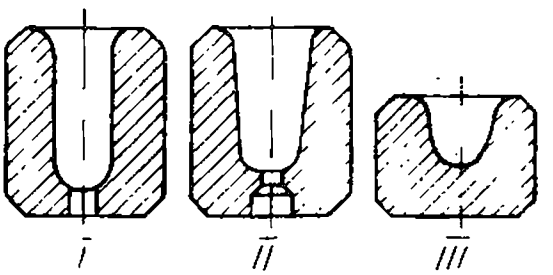

Рис. 70. Матрицы обжима пульных оболочек

Обжимные пуансоны по конструкции аналогичны вытяжным. Имеют крепежную часть, шейку и рабочую часть, размеры и форма которой определяются размерами и формой внутренней полости оболочки. Материал — стали У10А, У12А с твердостью рабочей части (хромируется) HRC 55—59 и крепежной части HRC 46—52.

Выталкиватели — цилиндрические стержни, в торце которых сделаны углубления по форме носика оболочки. Материал — сталь У10А с твердостью HRC 55—58.

УСИЛИЯ НА ОПЕРАЦИЯХ ОБЖИМА

Аналитическое определение усилий на обжиме — задача сложная и до сих пор еще полностью не решенная. Это объясняется наличием при обжиме целого ряда комплексно действующих факторов:

переменной силы трения по всей контактной поверхности;

переменной жесткости стенок благодаря их нарастающему упрочнению в процессе обжима;

различной толщины стенок полуфабриката;

переменного угла наклона матрицы;

разности диаметров до и после обжима и их изменением в процессе обжима;

утолщения стенок в процессе обжима;

изгибов на входной и выходной частях матрицы;

непостоянства длины изделия.

Установлено, что усилие обжима увеличивается с увеличением временного сопротивления металла изделия, его длины, толщины стенок, разности диаметров дульца и корпуса, а также коэффициента трения. Значительное влияние на усилие оказывает смазка. По мере вхождения полуфабриката в матрицу увеличивается деформируемая поверхность, а следовательно, и усилие. Максимального значения усилие достигает при полном вхождении изделия в матрицу.

Для определения усилия обжима применяют формулы Крылова, Грарда, Пущина, Надаи, Зоннтага, Попова. Однако, все они дают приближенные значения усилия обжима, так как не учитывают влияния упрочнения, трения, изменения толщины стенки, изгибающего момента на кромке матрицы и других факторов. С учетом этих факторов определить усилие можно практически достаточно точно по формуле

$$P_{обж} = nP_к \approx 1{,}1n \frac{\pi D (S_п + S_к)}{2 \cos \alpha} \left(1 - \frac{d}{D}\right)(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha) \times$$

$$\times \left[\left(1 - \frac{d}{D}\right)\frac{G}{2} + \sigma_т\right],$$

где $n = 1{,}35 \div 1{,}20$ при $\frac{d}{D} = 0{,}70 \div 0{,}85$;

$S_п$, $S_к$ — толщины стенки до и после обжима;
α — угол наклона матрицы;
d — диаметр обжатой заготовки;
D — диаметр полуфабриката обжима;
μ — коэффициент трения;
G — линейный модуль упрочнения;
$\sigma_т$ — предел текучести.

При использовании кривошипных прессов с учетом скоростного коэффициента Губкин рекомендует считать

$$P_{обж} = 1{,}15\, n\, P_к$$

ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТРИЦ И ПОЛУФАБРИКАТА ОБЖИМА

Суммарный допуск на износ и изготовление обжимных матриц σ_Σ равен допускам по 4-му классу точности. Это обеспечивает получение точных размеров гильз, относительно невысокую стоимость изготовления и нормальную стойкость обжимных матриц.

Допуски на точность изготовления матриц ΔD_x берутся по 3-му классу, а на износ матриц

$$\Delta D_{изн} = \sigma_\Sigma - \Delta D_x$$

по 3—4-му классу точности.

Допуск на линейные размеры матриц определяется выражением

$$\Delta L = \Delta l_{изд} - \Delta t_{дна} - \Delta t_{фл}.$$

Таблица 24

Допуски на размеры полуфабриката обжима гильз, мм

D	$\Delta d_д$	$\Delta d_{ск}$ и $\Delta d_к$		
		7-й класс	8-й класс	9-й класс
30—50	0,45—0,77	0,62	—	—
50—80	0,48—0,80	0,77	1,2	—
80—120	0,51—0,83	0,87	1,4	2,5
120—180	0,54—0,86	—	1,6	2,9
180—260	0,58—0,90	—	1,9	3,3

Допуски на диаметр полуфабриката обжима в дульцевой части $\Delta d_д$ назначаются по 5—8-му классу точности, а на диаметры ската и корпуса $\Delta d_{ск}$ и $\Delta d_к$ — по 7—9-му классу (табл. 24).

КОНТРОЛЬНО-МЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОБЖИМА

В качестве такого инструмента применяют при изготовлении

1) гильз стрелкового оружия:
   камору с затвором для проверки вхождения гильзы в камору;
   кольца ПР и НЕ на диаметры дульца, ската и корпуса для определения зазора в каморе;
   пробки на внутренний диаметр дульца;
   лекало с конфигурацией гильзы;
2) пуль и пульных оболочек:
   лекало на длину и шаблон на фигуру оживальной части оболочки;
   шаблон на хвостовую (коническую) часть тяжелой пули;
   шаблон на носик пули;
3) орудийных гильз:
   поверочную камору без затвора с окнами;
   набор щупов.

Размеры цеховой поверочной каморы по дульцу, скату и корпусу принимаются следующими:

$$d_{к\,д} = d_{д_{max}} - 0{,}05; \qquad d_{д_{max}} = d_{д\,вн} + \Delta d_д + 2t_д;$$

$$d_{к\,ск} = d_{ск_{max}} - 0{,}05; \qquad d_{ск_{max}} = d_{ск\,вн} + 2t_{ск};$$

$$d_{к\,к} = d_{к_{max}} - 0{,}05; \qquad d_{к_{max}} = d_{к\,нар}.$$

Допуски на размеры каморы устанавливают по 2—3-му классу точности. Камора ОТК завода имеет размеры, равные соответствующим максимально допустимым размерам гильзы. Камора военпреда по размерам несколько больше. Такое сочетание размеров приемных камор исключает возможность поступления на дальнейшие операции изделий, не входящих в камору. При этом часть годных изделий с максимальными размерами задерживается на обжиме. Такие изделия комплектуются в отдельную партию, обрабатываются на механическом участке и вновь обжимаются в тех же матрицах. Переобжим происходит на бóльшую глубину, поскольку припуск на фланец снят. Гильзы, окончательно не входящие в камору, бракуются.

Глава V

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ ОПЕРАЦИИ

§ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАТРАВОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Затравочные отверстия получают двумя способами: пробивкой и сверлением. Выбор способа зависит от толщины перегородки гильзы, диаметра затравочного отверстия, механических свойств металла донной части гильзы, положения осей затравочных отверстий по отношению к оси гильзы.

Сверление применяют в том случае, когда ось отверстия расположена под углом к оси гильзы или когда диаметр отверстия меньше двойной толщины перегородки. Во всех остальных случаях производят пробивку — наиболее производительный способ обработки.

Операция пробивки затравочных отверстий аналогична операции вырубки и поэтому все выводы по вырубке здесь полностью применимы.

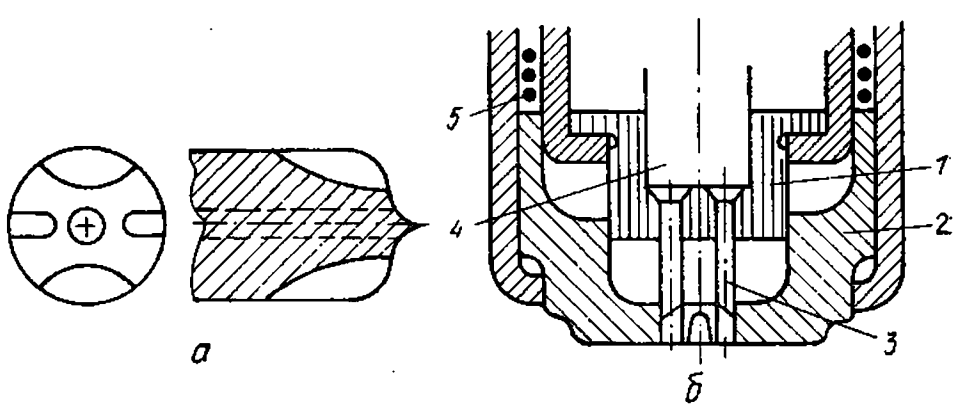

Рис. 71. Стойка-матрица (*а*) и патрон (*б*) пробивки:
1, 2 — малая и большая игольные каморы соответственно; *3* — игла пробивки; *4* — опорная стойка; *5* — пружина

Стойка-матрица пробивки (рис. 71, *а*) выполняется по форме внутренней поверхности изделия. Диаметр ее меньше диаметра пуансона прессовки на 0,2—0,4 *мм*. На боковой поверхности фрезе-

руются две канавки, образующие две режущие кромки матрицы пробивки. Материал — сталь У12А. Для крепления игл *3* пробивки используется патрон пробивки (см. рис. 71, *б*). Материал игольных камор — сталь У10, материал игл — рояльная проволока.

Недостаток процесса пробивки — отсутствие замкнутой режущей кромки матрицы и неправильный скос на иглах пробивки, который может вызвать царапины на капсюльном гнезде, снижение стойкости игл и появление неотделяющихся отходов-крупок.

Малые расстояния между затравочными отверстиями при их параллельном расположении исключают возможность одновременного сверления отверстий. Операция совершается в такой последовательности:

зажим и подача изделия под сверло до упора;
сверление первого затравочного отверстия;
транспортирование изделия на вторую позицию до упора;
сверление второго затравочного отверстия;
выталкивание обработанного изделия.

При расположении затравочных отверстий под углом их сверлят одновременно, используя специальный прибор.

Сверление производится спиральными сверлами с цилиндрическим хвостом, закрепленными в специальном патроне. Угол при вершине сверла берется равным 116—118° для стали и биметалла и 130—140° для латуни. Материал сверл — быстрорежущая сталь.

В случае применения пробивки ее выполняют перед обжимом (для лучшего вхождения стойки пробивки в изделие). Если же используется сверление, то для удобного крепления изделия в цанге его производят после обжима.

Практикой патронных заводов установлены следующие режимы резания:

$v_{рез}=60$ *м/мин*, $s=0{,}02$ *мм/об* — для латуни;
$v_{рез}=35 \div 40$ *м/мин*, $s=0{,}02$ *мм/об* — для стали.

Величины усилий определяются по зависимостям:
при пробивке

$$P = 2\pi d T \sigma_{ср};$$

при сверлении

$$P = 59\, d^{0{,}78}\, s^{0{,}67} \text{ (для латуни)};$$

$$P = 71 d s^{0{,}72} \text{ (для стали)}.$$

В качестве контрольно-мерительного инструмента используются гладкие пробки ПР и НЕ на диаметр отверстия.

Анализируя виды и причины брака при образовании затравочных отверстий (табл. 25), надо иметь в виду, что наличие третьего и шестого видов брака требует сплошного контроля изделий после

обработки, который осуществляется с помощью фотоэлементов или пневмоустройств, а также визуально на станках осмотра.

Таблица 25

Виды и причины брака при образовании затравочных отверстий

Вид брака	Причины
Неотделяющаяся крупка	1. Тупые иглы. 2. Неправильный скос игл
Царапины на капсюльном гнезде	1. Загиб игл. 2. Износ игольной каморы
Отверстие не пробито	Износ или поломка игл
Большое отверстие	*Тупое сверло*
Эксцентрично расположенное отверстие	Неправильная подача изделия под инструмент на рабочую позицию
Наличие в отверстии остатка сломанного сверла или иглы	1. Большие усилия. 2. Перекос изделия
Образование более двух отверстий	Повторное попадание изделия на операцию

§ 2. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАТРОНА

Обработка патрона резанием по сравнению с прессово-термической обработкой имеет ограниченное применение. В настоящее время все больше и больше операций резания заменяют обработкой без снятия стружки, как более экономичной и производительной. Например, калибровку диаметров на бесцентрово-шлифовальных станках заменяют волочением, отрезку — рубкой, обточку хвостового конуса — штамповкой, обточку оживальной части — растяжкой. Однако встречаются поверхности (например, фланца и дульцевой части гильзы), для которых замена обработки резанием нецелесообразна в связи с получением низкой точности изделия, или поверхности (например, стальных бронебойных сердечников и фаски капсюльного гнезда гильз), которые обрабатываются без снятия или со снятием стружки в зависимости от организационно-технического уровня производства.

В современных условиях при организации механической обработки ориентируются на высокопроизводительные многошпиндельные станки-автоматы и полуавтоматы, специальные агрегатные и доделочные станки-автоматы.

ОБРАБОТКА ФЛАНЦА И ДУЛЬЦЕВОЙ ЧАСТИ ГИЛЬЗ

Операции резания применяют для обработки фланца и донной части гильз, образования очка и запальных отверстий, при обработке дульцевой части по внутреннему диаметру и для обрезки гильзы по длине (рис. 72). Снятие фаски на капсюльном гнезде устраняет возможность появления забоин на кромке гнезда при транспортировке изделий и облегчает вставку капсюля. Эта операция осуществляется на гильзах стрелкового оружия, авиационного и крупнокалиберных пулеметов совместно со штамповкой или самостоятельно при обработке резанием (инструмент — зенковка).

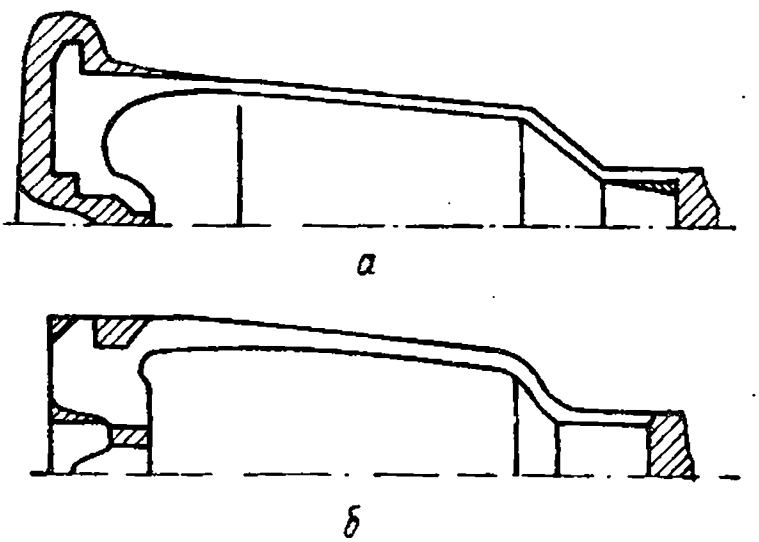

Рис. 72. Расположение припусков на обработку резанием гильз:
а — орудийной; *б* — стрелкового оружия

Большое влияние на режим резания, точность обработки и количество брака оказывает способ закрепления изделий для обработки. Крепление выполняется обычно двумя способами: в цангах (характерно для орудийных гильз) и во втулках, внутренняя поверхность которых изготовлена по форме изделия (характерно для гильз стрелкового оружия).

Подрезка дульца должна производиться после обжима, так как при этом устраняются неровности и получается конечный размер гильзы. Обработка донной части гильз с фланцем производится после обжима, а гильз без выступающего фланца — как до, так и после обжима.

В большинстве случаев участок механической обработки располагается после прессово-термического участка.

Скорость резания назначается в пределах 45—70 *м/мин*, для обрезки и расточки — до 200 *м/мин*, при обработке резцами

с пластинами из твердых сплавов — 250—280 *м/мин* для латуни и 170—190 *м/мин* для стали. Подача 0,1—0,5 *мм/об*; для гильз стрелкового оружия 0,01—0,02 *мм/об*; на обточке орудийных гильз — до 1 *мм/об*.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ОРУДИЙНЫХ ГИЛЬЗ

Он примерно состоит из следующих операций (рис. 73):

1. Обточка фланца и корпуса под ним. Инструмент — фасонный резец. Поскольку у орудийных гильз фланец является базой для дальнейшей обработки, эта операция выполняется первой, но она может производиться и совместно с обточкой полотна.

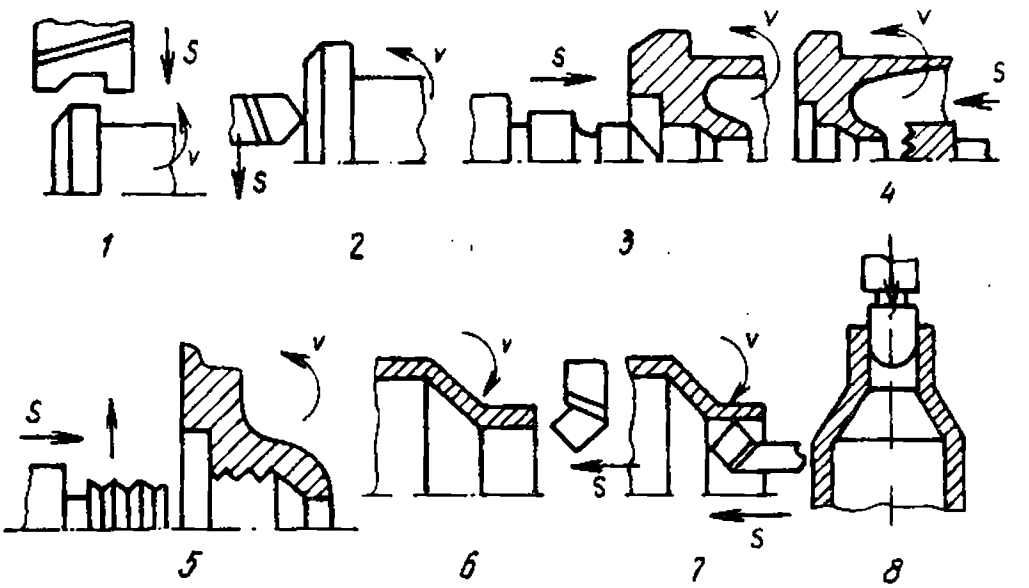

Рис. 73. Примерный технологический процесс токарной обработки орудийной гильзы:
1 — обточка фланца и корпуса под ним; *2* — обточка полотна; *3* — сверление запального отверстия и обработка очка; *4* — фрезерование соска; *5* — нарезание резьбы в очке; *6*, *7*, *8* — подрезка, расточка и раздача дульца

2. Обточка полотна. Инструмент — подрезной резец.

3. Сверление запального отверстия и обработка очка. Инструмент — комбинированный ступенчатый зенкер.

4. Фрезерование (шарошение) соска. Инструмент — торцовая фреза-шарошка. Операция необходима для снятия заусенцев после сверления отверстия и получения чертежной высоты соска. Чтобы в резьбу не попала стружка, эта операция выполняется перед нарезанием резьбы в очке.

5. Нарезание резьбы в очке. Инструмент — резьбофреза или метчик. Если изделие имеет запальную трубку, то вместо нарезания резьбы осуществляют развертывание очка. Целесообразно объединить на одном станке обработку очка и развертывание, а затем производить шарошение.

6. Окончательная подрезка дульца по длине. Инструмент — торцовый резец.

7. Расточка дульца. Инструмент — расточной резец. Чтобы уменьшить длину расточки, операцию выполняют после подрезки.

После завершения токарной обработки гильзы производится раздача дульца на прессе или роторе с помощью пуансона раздачи. Для качественного снаряжения патронов важен внутренний диаметр дульца, который получается на операциях последней вытяжки, обжима и расточки различным по величине в пределах допусков в зависимости от диаметра матриц, толщины стенок и т. д. Для однородности размеров необходимо путем раздачи довести внутренний диаметр до чертежного.

На токарных операциях изделие крепится с помощью вращающейся цанги.

Возможно и иное размещение операций технологического процесса при обработке на автоматах. Например, на автоматах «Киев» или гидравлических автоматах «Рельянс» можно одновременно обтачивать полотно и фланец, сверлить запальное отверстие, растачивать и подрезать дульце.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БРОНЕБОЙНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Технологический процесс изготовления бронебойных сердечников зависит от их формы, а также от формы и точности заготовки.

Крепятся заготовки всегда в цанге. Режим резания резцами из твердых сплавов: $v_{рез} = 45 \div 50$ *м/мин;* $s = 0{,}025 \div 0{,}030$ *мм/об.*

Технологический процесс состоит примерно из следующих операций:

— при штучных заготовках
рубка прутка на штучные заготовки;
сортировка заготовок по диаметру и длине;
шлифовка по диаметру;
обточка хвостового конуса;
обточка оживала;

— при использовании прутка
подача прутка до упора;
обточка оживала;
обточка конуса;
отрезка и торцовка.

В зависимости от формы обрабатываемой поверхности и характера обработки применяют следующий рабочий инструмент:

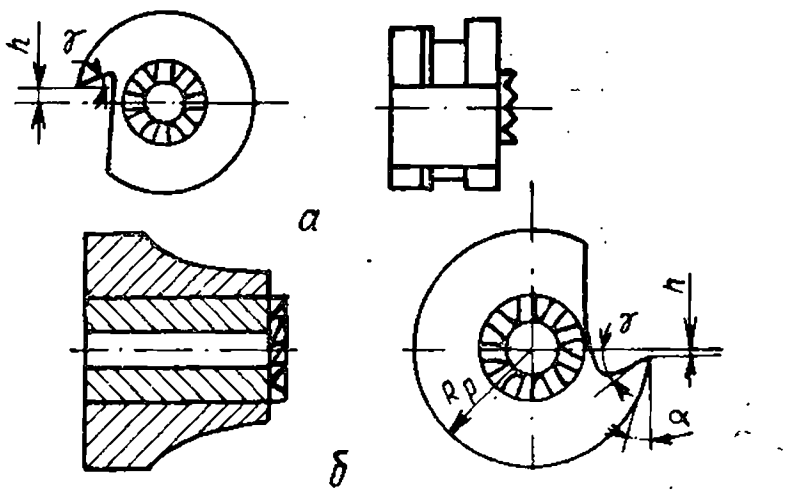

Рис. 74. Типы дисковых резцов:
а — цельный; *б* — составной

1. Дисковые и призматические резцы для обработки фасонных поверхностей. Дисковые резцы по конструкции бывают целыми и составными (рис. 74). Режущая кромка резца получается за счет выреза части диска обычно ниже оси резца на величину h. При этом плоскость резания опускается и возникает некоторое искажение профиля резца по сравнению с профилем изделия. Дисковые резцы следует применять везде, так как они просты в изготовлении и удобны в работе. Величина переднего угла γ для латуни, мягкой и инструментальной стали рекомендуется в пределах $\gamma = 0 \div 5$; $15 \div 20$; $5 \div 10°$ соответственно. Угол α берется в пределах 8—12°. Величина h подсчитывается по формуле

$$h = R_p \sin(\alpha + \gamma).$$

2. Призматические резцы (проходные, расточные и др.) для расточки, подрезки, торцовки. Они могут быть тангенциальными и радиальными (рис. 75). Тангенциальные резцы имеют срезанную под углом режущую кромку, требуют меньшего, чем радиальные резцы, усилия резания. Недостаток их — непостоянство значений переднего и заднего углов в процессе работы, а также большая величина требуемых перемещений.

Радиальные резцы имеют при работе постоянные углы. В целях экономии стали и повышения стойкости они изготовляются с на-

паяными пластинками из твердых сплавов. Значения передних и задних углов те же, что и у дисковых резцов. Величина t_1 определяется по зависимости

$$t_1 = t\cos(\alpha + \gamma).$$

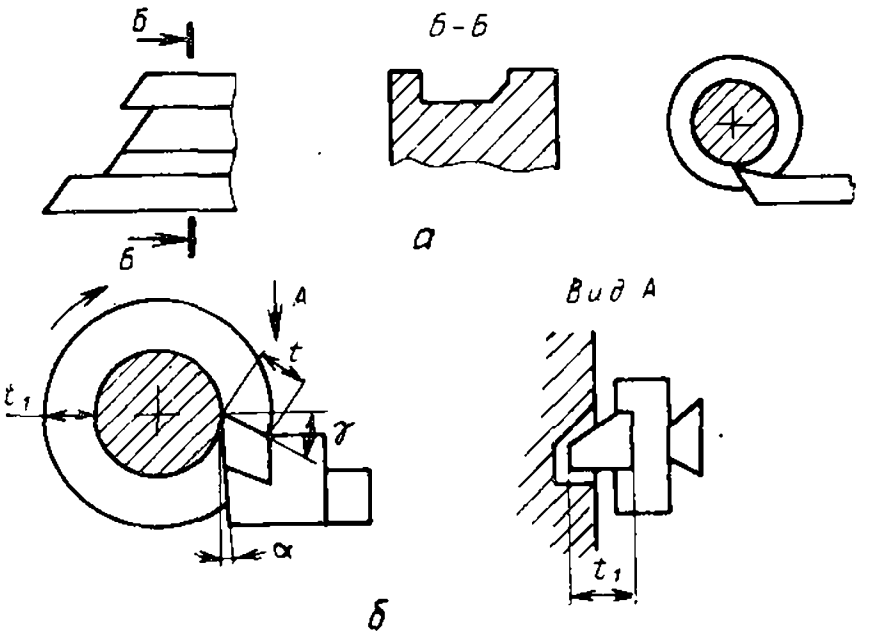

Рис. 75. Типы призматических резцов:
а — тангенциальный; *б* — радиальный

3. Сверла, зенкеры, развертки для обработки отверстий.
4. Метчики и резьбофрезы для нарезания резьб.
5. Отрезные резцы для обрезки изделий.
6. Зенковки для снятия фасок.

КОНТРОЛЬНО-МЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

В качестве контрольно-мерительного инструмента применяют
— *при обработке гильз:*
скобы на длину изделия, высоты фланца и соска;
поверочную камору с двойным затвором;
пробку на внутренний диаметр дульца;
скобы и кольца на диаметры фланца и корпуса под ним;
профильную пробку на резьбу;
салазки на высоту фланца;
лекало на ширину и угол проточки под фланцем;
— при обработке бронебойных сердечников:
— скобы на длину и диаметр;
шаблоны на оживало и заднюю часть.

Перечень видов брака, допускаемого при токарной обработке приведен в табл. 26.

Таблица 26

Виды и причины брака при токарной обработке

Вид брака	Причины
Гильз	
Царапины на полотне, дульце, корпусе	1. Затупление резца. 2. Заусенцы на цанге
Неполная обточка фланца и очка	1. Недостаток металла после штамповки. 2. Неправильная подача инструмента
Заусенцы по фланцу и дульцу	1. Неправильная установка резца. 2. Тупой резец
Эксцентрично обточенная гильза	Биение цанги
Неправильные длина гильзы, толщина фланца, диаметр под фланцем	Неверная регулировка оборудования
Рифленая поверхность после обточки	Затупление резца
Сердечников	
Эксцентричная обточка оживала и заднего конуса	Биение заготовки
Дробленая поверхность обточки	1. Вибрация резца. 2. Слабый зажим заготовки. 3. Затупление резца
Косая торцовая подрезка	Неточная установка заготовки и инструмента

§ 3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ СЕРДЕЧНИКОВ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАЛЬНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ШТАМПОВКОЙ

Заменителем свинца при изготовлении сердечников обыкновенных пуль является мягкая сталь. Технологический процесс изготовления стальных сердечников следующий:

отрезка заготовок от прутка;
предварительная штамповка оживальной части;
отжиг при температуре 630—650° С;
травление и промывка;
окончательная штамповка оживальной части;
протирка древесными опилками.

Штампованные сердечники могут состоять из конуса и оживала или из двух конусов. При изготовлении таких сердечников

необходимо, чтобы диаметральный зазор в матрице штамповки был более 0,04 *мм*, диаметр прутка-заготовки должен соответствовать 3-му классу точности и чтобы обеспечивалась строгая соосность пуансона и матрицы штамповки.

Несоблюдение этих требований приводит к искривлению сердечника и получению косого торца, что ухудшает условия монтажа и кучность боя.

Инструмент для штамповки стальных сердечников состоит из целой матрицы *2* (рис. 76), пуансона *1* и выталкивателя *3*, устанавливаемых на холодно-высадочных машинах или в инструментальных блоках роторных линий.

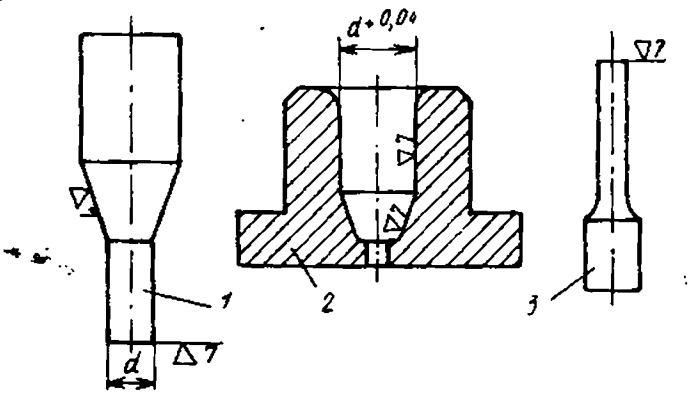

Рис. 76. Инструмент для штамповки сердечников:
1 — пуансон; *2* — матрица; *3* — выталкиватель

Усилие для отрезки заготовки от прутка можно подсчитать по зависимости

$$P = 1{,}25\,\frac{\pi d^2}{4}\,\sigma_{ср} = 1{,}25\,\frac{\pi d^2}{4}\,0{,}8\,\sigma_в = \frac{\pi d^2}{4}\,\sigma_в.$$

где d — диаметр прутка, *мм*.

Усилие штамповки в конечный момент определяется по уравнению

$$P_{шт} = F\sigma_т V\tau,$$

где F — площадь проекции торца штампуемой детали, *мм*^{2};

$\sigma_т$ — предел текучести материала с учетом наклепа;

$V = 1{,}75 \div 2{,}00$ — коэффициент объемного напряженного состояния в закрытом штампе;

τ — коэффициент учета формы детали и трения металла о штамп,

$$\tau = 1 + 0{,}45\mu\,\frac{d_c}{h};$$

$\mu = 0{,}1 \div 0{,}2$ в зависимости от смазки;

d_c — наибольший диаметр сердечника, *мм*;

h_c — высота сердечника, *мм*.

С целью повышения стойкости штампового инструмента рекомендуется крупные заготовки перед штамповкой фосфатировать или протирать графитом.

Контроль сердечников по диаметру и длине осуществляется скобами, по конфигурации — шаблоном.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕРДЕЧНИКОВ ИЗ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Пули с металлокерамическими сердечниками получили распространение в период Великой Отечественной войны как действенное средство поражения боевых целей. Исходным материалом служит порошок твердых сплавов ВК3, ВК6, ВК8, доставляемый в герметически закупоренных банках. Технологический процесс изготовления сердечников включает следующие операции:

1. Смешивание порошка с раствором каучука в бензине, без чего он плохо прессуется и быстро рассыпается.

2. Сушка смеси при температуре 80—100° С в сушильном шкафу. Просушенная смесь поскрипывает и спрессовывается между пальцами.

3. Протирка смеси через металлическое сито.

4. Дозировка смеси по весу для каждого сердечника с точностью до 0,1 *Г*. Вес смеси $P_{см}$ должен быть больше веса P_c готового сердечника, чтобы компенсировать потери при последующем спекании. Поэтому

$$P_{см} = P_c k; \quad P_c = \gamma V_c;$$

где $k = 1{,}025 \div 1{,}035$ — коэффициент потерь при спекании;

γ — удельный вес смеси;

V_c — объем сердечника.

5. Засыпка смеси в пресс-форму, прессование и выемка сердечника из пресс-формы (рис. 77, *а*).

Для получения однородных деталей по плотности и высоте прессование ведут на винтовом прессе под давлением 500—700 *кГ/см*^{2} с перемещением ползуна до упорного кольца. После прессования форму разбирают, заусенцы в месте стыка секторов *2* зачищают.

6. Сушка сердечников в шкафу при температуре 120—160°С для удаления бензина.

7. Укладка сердечников на поддон и засыпка смесью сажи и магнезита для предупреждения выгорания карбидов.

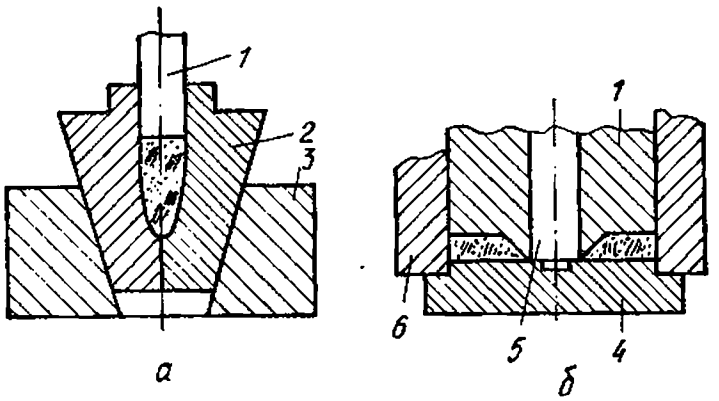

Рис. 77. Пресс-формы для прессования из металлокерамических порошков сердечников (*а*) и вкладышей матриц (*б*):
1 — пуансоны; *2* — секторы; *3* — кольцо; *4* — поддон; *5* — оправка; *6* — контейнер

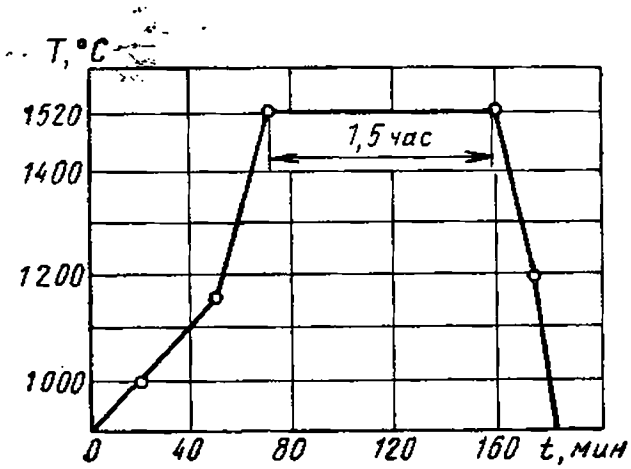

Рис. 78. Диаграмма температурного режима спекания металлокерамического сплава ВК6

Таблица 27

Виды и причины брака сердечников из металлокерамических сплавов

Вид брака	Причины
Блестящая корочка поверхности	Обезжиривание при спекании
Пористость структуры	1. Малая выдержка при спекании. 2. Загрязненная смесь
Пузыри, трещины, раковины	Пережог
Коробление, слоистость, изменение диаметров	1. Некачественная прессовка. 2. Неравномерный отжиг
Малая твердость	Не выдержана температура спекания

8. Спекание сердечника в печи при температуре 1520°С (рис. 78). Нагрев должен быть равномерным во избежание трещин, неправильной усадки и коробления (табл. 27).

9. Обработка сердечников в барабане с водой и песком; промывка для удаления песка и последующая сушка.

10. Контроль сердечников по весу, длине и диаметру на автоматических контрольных станках; наружный осмотр поверхностей на смотровых столах; выборочный контроль на твердость, удельный вес и структуру при изломе.

§ 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВИНЦОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАТРОНА

Процесс изготовления свинцовых элементов патронов делится на два этапа: сначала изготавливаются свинцовые прутки (проволока), а уже из них — элементы патронов. Для этого применяется сплав свинца с сурьмой, небольшое содержание которой (обычно не превышает 1,5—2,0%) исключает возможность налипания свинца на поверхность инструмента при изготовлении прутков и сердечников и повышает механические качества сплава. Чрезмерное количество сурьмы увеличивает твердость сплава, но ухудшает штампуемость и стойкость инструмента.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВИНЦОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Свинцовую проволоку (прутки) получают горячим или холодным прессованием. Горячее прессование включает:

— плавку свинца и сурьмы. Оборудование — котловая чугунная печь, работающая на жидком или твердом топливе, температура ванны 400—460°С;

— заливку сплава в контейнер для прессования и охлаждения до температуры 160—170°С. Перед заливкой контейнер подогревается до 120—130°С;

— прессовку проволоки;

— намотку проволоки на катушку.

Холодное прессование включает:

— закладку подготовленного слитка в контейнер;

— прессовку проволоки;

— намотку проволоки на катушку.

При горячем способе необходимо иметь нагревательные печи, а при холодном — более мощные прессы.

Известны два метода прессования проволоки: прямой и обратный.

При прямом методе (рис. 79, *а*) плунжер *1* встречает на своем пути металл *2*, находящийся в контейнере *3*, сжимает его через пресс-шайбу *4* и вызывает истечение через матрицу *5* в направлении движения плунжера. При обратном методе (см. рис. 79, *б*)

металл течет в отверстие плунжера в направлении, обратном его движению. В обоих случаях металл находится в напряженном состоянии — испытывает всестороннее объемное сжатие.

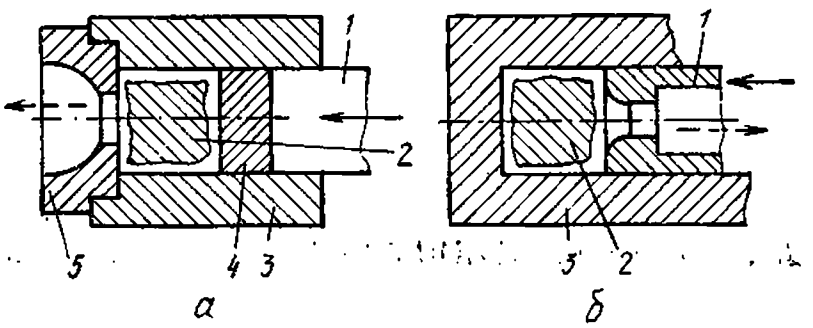

Рис. 79. Прямой (*а*) и обратный (*б*) методы прессования проволоки:
1 — плунжер; *2* — металл; *3* — контейнер; *4* — пресс-шайба; *5* — матрица

Из сравнения этих методов следует:

— оба метода применяются в патронной промышленности, причем прямой метод характерен для американских заводов, а обратный — для отечественных;

— удельное давление истечения меньше при обратном методе, поэтому и расход энергии при этом методе меньше на 25—30%;

— качество проволоки выше при обратном методе, потому что при нем достигается постоянная скорость истечения;

— отверстие в плунжере ослабляет сечение и снижает стойкость инструмента.

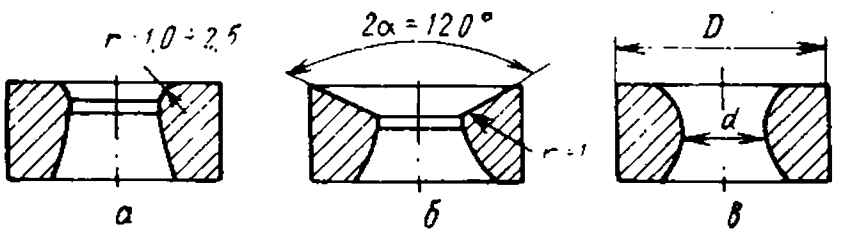

Рис. 80. Матрицы прессования проволоки:
а — цилиндрическая; *б* — коническая; *в* — радиусная

Опытом установлено, что усилие прессования проволоки в цилиндрических матрицах (рис. 80, *а*) уменьшается с увеличением радиуса закругления *r*, а наиболее рациональной формой профиля матриц является коническая (см. рис. 80, *б*), требующая наименьшего усилия прессования.

В зависимости от мощности пресса матрицы делают с одним или несколькими очками для одновременного прессования нескольких прутков. Наружный диаметр матриц *D* обычно в 8—10

раз больше внутреннего d. Материал матриц — сталь У10А, твердость HRC 61—63. Виды возможного брака перечислены в табл. 28.

Таблица 28

Виды и причины брака свинцовой проволоки

Вид брака	Причины
Царапины поверхности	1. Загрязнение сплава и матрицы. 2. Царапины или налипания свинца на матрице
Раковины и пузыри	Попадание в контейнер воды
Малый диаметр	Малый внутренний диаметр матрицы
Большой диаметр	Изношенная матрица

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВИНЦОВЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

Принята такая последовательность операций по изготовлению сердечников:

подача проволоки к отрезному ножу с одновременной смазкой ее густым мыльным раствором или маслом;

отрезка заготовки ножом и подача ее к матрице штамповки. Объем заготовки должен соответствовать объему изделия с учетом отходов;

ввод заготовки в матрицу и штамповка сердечника;

удаление отштампованного сердечника из матрицы выталкивателем.

Определение размеров сердечника

Размеры заготовки для штамповки свинцового сердечника определяют по формулам:

$$D_{\text{св пр}} = (1{,}07 \div 1{,}10)\, d_{\text{с}}; \qquad L_{\text{з}} = \frac{4 \cdot 100 V_{\text{с}}}{\pi D^2_{\text{св пр}} (100 - x)},$$

где $D_{\text{св пр}}$ — диаметр свинцовой проволоки, *мм*;

$d_{\text{с}}$ — диаметр сердечника по чертежу, *мм*;

$L_{\text{з}}$ — длина заготовки, необходимая для получения сердечника, *мм*;

$V_{\text{с}}$ — объем сердечника, *мм*^{3};

x — средняя величина потерь, % ($x = 1{,}3 \div 2{,}0\%$).

Усилия отрезки и штамповки подсчитывают по уравнениям:

$$P_{отр} = \frac{\pi D^2_{св\ пр}}{4} \sigma_{ср};$$

$$P_{шт} = \frac{\pi D^2_{св\ пр}}{4} \sigma_{т},$$

где $\sigma_{ср}=5$ *кГ/мм*^{2} и $\sigma_{т}=3$ *кГ/мм*^{2}.

Различают два вида сердечников: для тупоконечной и остроконечной пуль (рис. 81). Практические зависимости для определения их размеров следующие:

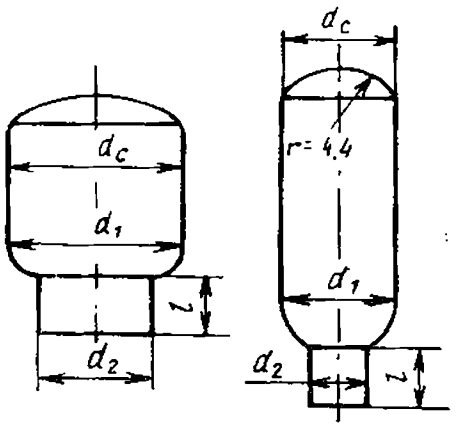

Рис. 81. Виды свинцовых сердечников

$$d_c = d_{об} - (0{,}20 \div 0{,}35)\ мм;$$

$$d_1 = d_c - 0{,}1\ мм;$$

$$d_2 = (0{,}35 \div 0{,}40)\, d_c;$$

$$l = 2 \div 3\ мм,$$

где $d_{об}$ — внутренний диаметр оболочки пули по ведущей части, *мм*.

Рабочий инструмент штамповки сердечников

Комплект инструмента состоит из матрицы и пуансона штамповки, выталкивателя, матрицы и ножа отрезки.

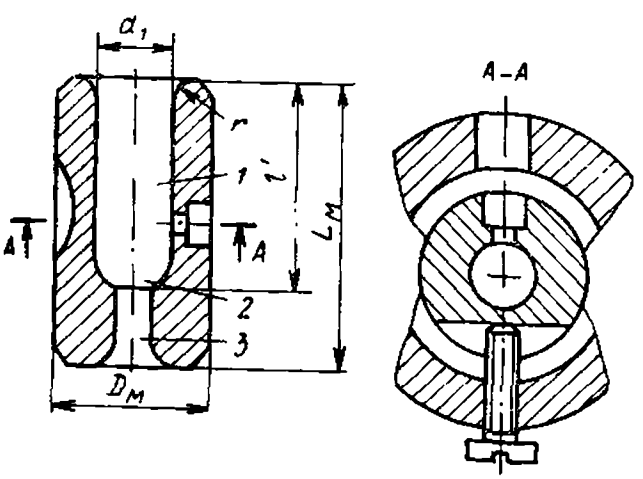

Рис. 82. Матрица штамповки сердечников:
1, 3 — направляющие части для пуансона и выталкивателя соответственно; *2* — рабочая часть

На рабочей части матрицы штамповки (рис. 82) предусматривается боковое отверстие (∅ 0,7—0,8 *мм*) для выхода излишков (стружки) свинца и подачи смазки. Для лучшего отвода стружки диаметр этого отверстия снаружи увеличивается до 2,5 *мм*. На наружной боковой поверхности матрицы имеется лыска для фиксации правильного положения матрицы относительно отверстия в крепежной колодке.

Размеры матрицы:
длина рабочей и направляющей частей

$$l' = (1{,}5 \div 2{,}5)\, l_c \; (l_c \text{ — длина сердечника});$$

наружный диаметр

$$D_м = (3{,}0 \div 3{,}5)\, d_1;$$

длина

$$L_м = l' + (15 \div 20) \; мм;$$

радиус сопряжения направляющей части с торцом

$$r = 1{,}5 \div 2{,}0 \; мм.$$

Для уменьшения трения направляющую часть матрицы делают конусообразной (угол 30—40′).

Матрицу изготавливают из стали У10А с твердостью HRC 60—64.

Пуансон штамповки представляет собой стержень, на торце которого сделано углубление по форме задней части сердечника. Диаметр пуансона соответствует внутреннему диаметру матрицы. В целях экономии стали (У10А, HRC 58—60) пуансоны делают двусторонними.

Выталкиватель — стержень с гнездом по форме носика сердечника и отверстиями для выхода воздуха. Материал — сталь У10А с твердостью HRC 58—62.

Рабочий диаметр матрицы $d_{м\,отр}$ для отрезки проволоки определяется по зависимости

$$d_{м\,отр} = d_{пр} + 0{,}05 \; мм,$$

где $d_{пр}$ — диаметр проволоки.

Длина матрицы 10—15 *мм*, материал — сталь У10А с твердостью HRC 58—60. Для того, чтобы облегчить вхождение проволоки в матрицу, входная часть последней делается на конус с углом 10—20°.

Радиус режущей кромки отрезного ножа находим по выражению

$$R = \frac{d_{пр}}{2} \div (0{,}03 \div 0{,}05) \; мм.$$

Материал ножа — сталь У10А с твердостью HRC 58—60.

Вероятные виды брака сердечников приведены в табл. 29.

Таблица 29

Виды и причины брака сердечников

Вид брака	Причины
Заусенцы по торцу	1. Малый диаметр пуансона. 2. Большой зазор в матрице
Тяжелый или легкий сердечник	1. Неправильная наладка инструмента. 2. Неправильный диаметр проволоки. 3. Неоднородность сплава
Царапины на поверхности	1. Загрязненная смазка. 2. Налипание металла на инструмент
Бесформенный сердечник	Неправильная длина отрезки заготовки

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВИНЦОВЫХ РУБАШЕК

Различают три типа свинцовых рубашек пуль: закрытые, открытые и в виде трубки. Заготовками для них являются свинцовые прутки.

Диаметр и длину заготовки рассчитывают по формулам:

$$D_{\text{прут}} = k_{\text{ф}} d_{\text{р}}; \qquad L = \frac{4 \cdot 100 V_{\text{р}}}{\pi D^2_{\text{прут}} (100 - x)},$$

где $D_{\text{прут}}$ — диаметр прутка;

$d_{\text{р}}$ — диаметр рубашки по ведущей части;

Таблица 30

Виды и причины брака свинцовых рубашек

Вид брака	Причины
Разный вес рубашек	Неправильно работает механизм подачи проволоки
Разностенность	Несоосность пуансона и матрицы
Отклонение размеров от чертежных	Износ или неправильная установка инструмента
Вмятины	Небрежная транспортировка
Царапины, трещины, раковины	1. Грязная смазка. 2. Недоброкачественный пруток

$V_р$ — объем рубашки по чертежу;
x — величина потерь ($x=2 \div 10\%$);
$k_ф$ — коэффициент формы ($k_ф=0{,}86 \div 0{,}94$).

Операции по изготовлению рубашек выполняют в такой последовательности:

подача прутка, отрезка заготовки по объему рубашки с учетом отходов;

штамповка стаканчика;

штамповка рубашки;

обрезка.

Число операций может изменяться в зависимости от типа и размеров рубашек. Перед штамповкой рубашки стаканчики отмачивают в мыльном растворе. Инструмент для штамповки рубашек составляют два комплекта пуансонов, матриц и выталкивателей — для штамповки стаканчиков и для штамповки рубашек.

Виды брака при производстве свинцовых рубашек показаны в табл. 30.

Глава VI

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ И АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ

§ 1. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОЛУФАБРИКАТОВ И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

В процессе холодной обработки давлением металлы упрочняются, что выражается в следующем:

— изменяется структура металла, происходит искажение кристаллов, меняются их величины и ориентация;

— нарастают внутренние напряжения трех родов — между отдельными группами кристаллов, между кристаллами в группе, внутри каждого кристалла;

— пластическая деформация сопровождается ростом упругих формоизменений и напряжений.

Вследствие упрочнения металла возрастают временное сопротивление и предел упругости, падает относительное удлинение, предел текучести приближается к истинному сопротивлению разрушения. Поэтому, использовав в достаточной степени пластические свойства металла, продолжать дальше деформацию полуфабриката нельзя, так как может быть нарушена его цельность.

Для продолжения необходимого формоизменения металлу надо в какой-то степени вернуть его пластичность при помощи термической обработки, которая носит название отжига.

Вообще термической обработкой металлов и сплавов называют искусственное изменение их структуры и свойств путем определенного температурного воздействия на материал.

От термической обработки зависит:

качество изделий, их механические свойства (прочность гильзы при выстреле и извлечении из каморы после выстрела);

стойкость рабочего инструмента;

продолжительность технологического процесса.

Например, в случае неправильного режима термообработки дульцевой части гильзы наблюдаются: брак на последующей обжимной операции (появляются складки), возникновение трещин

на дульце при ее завальцовке во время вставки пули или снаряда; отрыв части дульца гильз при отстреле. Или второй пример: требуемые механические качества нижней части корпуса гильзы могут быть достигнуты либо полным отжигом полуфабриката предпоследней вытяжки и соответствующим наклепом на последней вытяжке, либо путем неполного отжига полуфабриката предпоследней вытяжки и понижения деформации на последней вытяжке.

Термической обработкой в ПГП:

восстанавливают пластичность металла после холодной обработки давлением для осуществления дальнейшей деформации;

придают готовым изделиям (совместно с холодной обработкой давлением) новые механические свойства, отличные от свойств заготовки (исходного материала);

удаляют остаточные напряжения, которые приводят к самопроизвольному растрескиванию латунных гильз и старению стальных;

повышают твердость металла по сравнению с исходным материалом (закалкой);

подготавливают поверхности полуфабриката к проведению основных операций (сушкой).

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НА СОСТОЯНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО МЕТАЛЛА

Исследования состояния деформированного металла при его нагреве помогают установить интервал температур, при котором можно и необходимо проводить термообработку металла с учетом производственных условий.

Гильзовая латунь

Поведение гильзовой латуни при ее нагреве после обработки давлением в холодном состоянии подробно изучено инженером Грардом. В результате исследований было установлено пять температурных зон (рис. 83).

I зона (200—275° С). В этом интервале температур, независимо от величины деформации, латунь почти не изменяет своих механических свойств. Получить определенные пластические качества латуни, отличные от первоначальных, в этой зоне нельзя. Эту зону можно использовать для отпуска изделий и сушки.

II зона (275—350°С). В этой «зоне ослабления» временное сопротивление металла значительно падает, а удлинение резко растет. При таких температурах свойства латуни оказываются нестабильными, при них трудно получить требуемые качества детали и поэтому никакая термообработка не проводится.

III зона (350—750°С). В этой зоне равномерное изменение механических свойств сопровождается ростом зерна. Например, при температурах 620, 680 и 750°С в 1 *мм*^{2} латуни Л62 содержится 1100, 450 и 180 зерен соответственно. Поскольку крупнозернистая структура не желательна, температура рекристаллизации должна быть в пределах 600—750°С, а во избежание крупнозернистости гильзовой латуни температура ее рекристаллизационного отжига должна быть не выше 650°С.

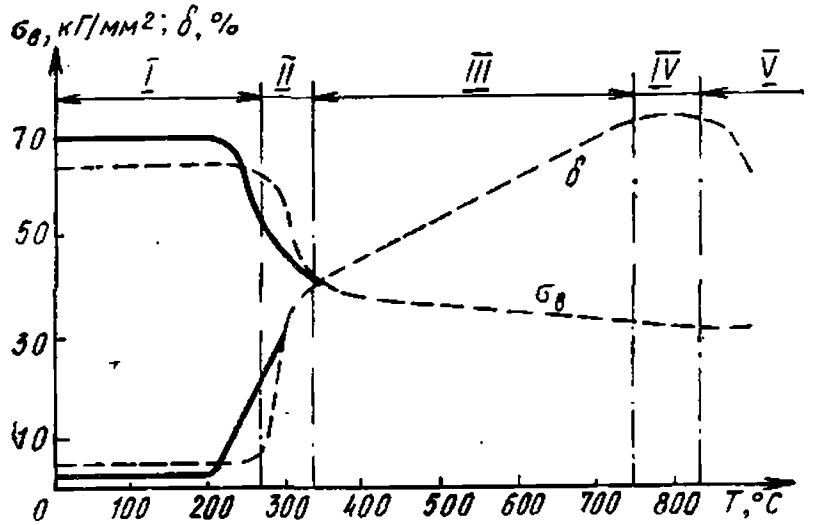

Рис. 83. Влияние нагрева латуни на ее механические свойства при степени деформации 300% (сплошная) и 125% (пунктир)

IV зона (750—830°С). Эта «зона перегрева» характеризуется сильным ростом зерна. Удлинение достигает наивысшего значения при 800°С, а затем резко падает.

Таблица 31

Значения температур отжига в зависимости от толщины материала, °С

Марка материала	Толщина материала, *мм*				
	более 10	5—10	1—5	0,5—1,0	менее 0,5
ЛТ90	700	680	650	600	580
Л80	700	680	650	600	580
Л68	650	650	630	600	580
Л62	650	650	630	620	600
Л59	630	630	620	600	580

V зона (830°С и выше) — зона плавления.

Опытами установлено, что величина деформации практически не оказывает влияния на длительность отжига; увеличение толщины материала требует увеличения времени выдержки при заданной температуре отжига или повышения этой температуры при постоянном времени выдержки (табл. 31).

Биметалл и холоднокатаная малоуглеродистая сталь

Гильза должна быть достаточно пластичной и прочной. Сочетание этих качеств обеспечивает нормальную работу гильзы при выстреле и в процессе извлечения ее из каморы после выстрела. Для выполнения операции глубокой вытяжки также необходима хорошая штампуемость материала и высокая стойкость инструмента.

При изготовлении стальных гильз обеспечению этих требований способствует структура стали в виде зернистого перлита, равномерно распределенного в феррите. Такая структура может быть получена при температуре нагрева до критической точки Ac_1. Нельзя допускать структуру пластинчатого перлита, так как она при обработке становится хрупкой. Таким образом, интервал температур отжига стальных изделий должен находиться в пределах 600—700° С.

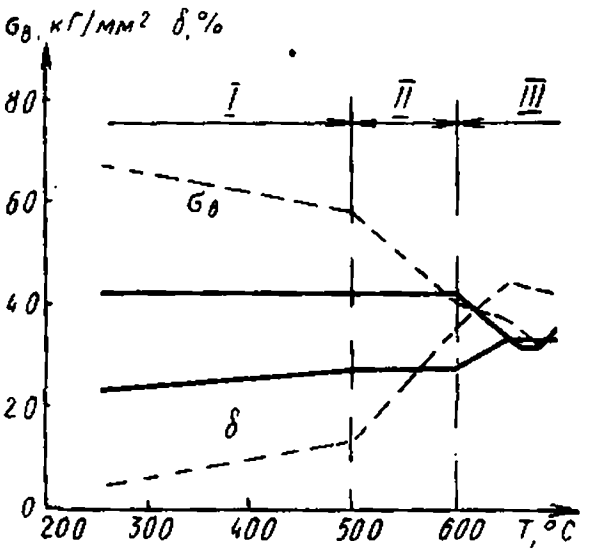

Рис. 84. Влияние нагрева стали на ее механические свойства при степени деформации 9,5% (сплошная) и 65% (пунктир)

На графике нагрева деформированной стали (рис. 84) различают три зоны:

I зона (250—500° С). В этой зоне рекристаллизация не происходит независимо от степени деформации и времени выдержки. Этот интервал температур используется для проведения низкотемпературного отпуска, при котором механические свойства металла постепенно понижаются (поэтому повторение НТО крайне нежелательно).

II зона (500—600°С). При этих температурах свойства стали не стабильны и термообработку не проводят.

III зона (600°С и выше) — зона рекристаллизации, наиболее благоприятная для получения соответствующей структуры металла. Температура 600°С — нижний предел температур рекристаллизации. При дальнейшем повышении температуры отжига рекрис-

таллизация идет энергичнее. Однако в некоторых случаях, особенно при критических степенях деформации, когда в металле образуются крупные и неравномерные по величине ферритные зерна, структура стали может получиться неблагоприятной для последующей обработки. Наиболее целесообразна температура отжига 600—700°С.

Следует отметить, что металл, получивший малые степени деформации, рекристаллизуется частично или совсем не рекристаллизуется даже при высоких температурах.

Выбор температуры нагрева зависит от механических характеристик изделия, тактико-технических требований к патрону, химического состава и структуры исходного материала, характера обработки перед отжигом, размеров и конфигурации изделия, поступающего на термообработку, и типа применяемого при этом оборудования.

При назначении температур необходимо помнить следующее:

— после холодного деформирования металла его зерна растут с повышением температуры последующего нагрева. При этом рост зерна зависит от степени холодной деформации;

— чем выше степень деформации, тем раньше начинается рекристаллизация и тем слабее растет зерно при нагреве. После значительной деформации крупное зерно не появляется даже при высоких температурах;

— с уменьшением наклепа температура начала рекристаллизации повышается и рост зерна идет интенсивнее. При определенном сочетании степени деформации с температурой нагрева получается значительный рост зерна. Это и есть критическая степень деформации, которая находится в пределах 5—7% для гильзовой латуни и 7—12% для гильзовой стали;

— при температуре 800°С безусловно получается крупнозернистая структура.

Таким образом, желательно назначать низкие температуры отжига, при которых требуются высокие степени деформации. Это обеспечивает образование мелкого зерна при отжиге, сокращает длительность технологического процесса и снижает расход энергии на отжиг. Лучше всего осуществлять отжиг стальных и латунных полуфабрикатов в интервале температур 600—650°С.

ОТЖИГ

Различаются два вида отжига: с фазовой перекристаллизацией и рекристаллизационный.

В процессе перекристаллизационного отжига происходят фазовые превращения сплава с соответствующими изменениями структуры. Отжиг состоит из нагрева детали выше критической точки Ac_1 или Ac_3 по диаграмме Fe — C и последующего медленного охлаждения.

При рекристаллизационном отжиге фазовые превращения отсутствуют. Отжиг состоит в нагреве металла до критической точки Ac_1, длительной выдержке при заданной температуре и последующем медленном охлаждении.

Как правило, между вытяжками применяют рекристаллизационный отжиг, в результате которого структура металла получается более благоприятной для дальнейшей пластической обработки.

С ростом температуры рекристаллизации кинетическая энергия атомов повышается и становится настолько большой, что атомы получают возможность перемещаться внутри кристаллов и с одной кристаллической решетки на другую. Искаженная в процессе деформации структура металла разрушается, восстанавливается исходная кристаллическая решетка. В результате этого снимаются внутренние напряжения, кристаллы восстанавливают свою форму, выпрямляются атомные слои решетки, повышается пластичность металла. При этом наблюдаются падение величин твердости и сопротивления разрыву и рост относительного удлинения.

Однако при отжиге возможен также чрезмерный рост кристаллов. Это имеет место при критической степени деформации перед отжигом в пределах 2—25%. Вследствие большого роста зерна в процессе отжига при дальнейшей обработке происходят неравномерные деформации, приводящие к появлению косины полуфабриката, неравномерному утонению стенок и даже к обрывам и трещинам.

Таким образом, температурный режим зависит от минимальной температуры рекристаллизации и степени деформации при холодной штамповке перед отжигом. Поэтому для нормального

Таблица 32

Температурные параметры и механические свойства латуней после отжига

Материал	Температуры, °С				γ, $Г/см^3$	$\sigma_в$, $кГ/мм^2$	δ, %
	плавления	литья	горячей обработки	отжига			
Томпак	1045	1170—1210	870—900	620—720	8,80	25—28	30—40
Полутомпак	1000	1150—1190	820—870	600—700	8,65	30—37	30—40
Латунь Л68	950	1120—1160	800—850	600—700	8,60	30—35	45—60
Латунь Л62	910	1060—1100	760—820	600—700	8,50	32—36	35—50
Латунь Л59	900	1030—1080	740—790	600—650	8,40	33—41	30—40

проведения отжига необходимо, чтобы степень деформации у данного полуфабриката была выше критической и назначенная температура отжига была выше наименьшей температуры рекристаллизации. Чем выше температура отжига и степень предварительной деформации, тем быстрее идет рекристаллизация.

Рекомендуемые температурные интервалы рекристаллизационного отжига: 580—650°С для латуни (табл. 32) и 650—750°С для стали с содержанием углерода 0,1—0,2 %.

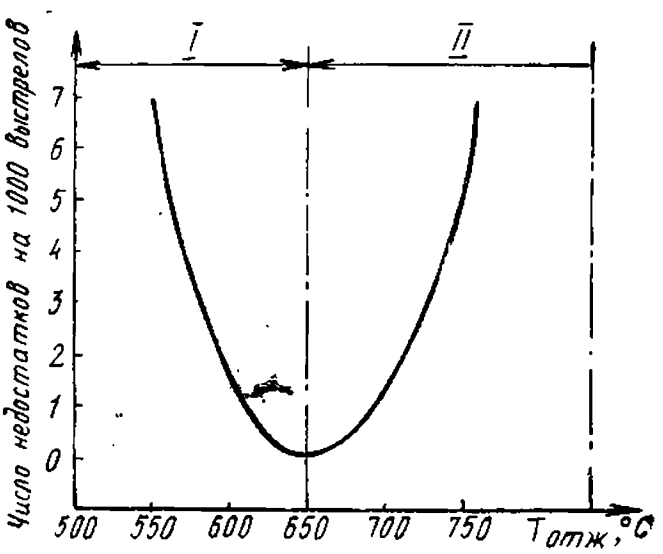

Рис. 85. Влияние температуры отжига на качество гильз:
I — трещины по корпусу; *II* — трещины под фланцем

Влияние температуры отжига на качество гильзы наглядно показано на графике (рис. 85), построенном при отжиге биметаллических гильз в электропечи ТВО-2. Для лучшего выявления дефектов отстрел велся из расшарошенной винтовки. Окончательные режимы термической обработки устанавливают непосредственно на производстве с учетом особенностей агрегата, на котором предстоит работать, и возможности появления перегревов и пережогов.

Режим термообработки в проходных печах предусматривает:

нагрев полуфабриката до определенной температуры;

время нагрева и выдержки при данной температуре;

массу (количество) одновременно загружаемых в печь полуфабрикатов.

В установках ТВЧ назначают силу тока, напряжение и глубину погружения полуфабриката в индуктор.

Время нагрева материала составляет обычно около 10% времени выдержки и зависит от массы отжигаемых полуфабрикатов. Продолжительность отжига зависит от рода материала, температуры и массы отжигаемого полуфабриката. Чем больше масса полуфабриката, тем больше время отжига. С целью повышения временного сопротивления материала готовых гильз температура отжига полуфабриката предпоследней вытяжки обычно бывает меньше температур предыдущих отжигов.

При установлении режимов термообработки в полной мере надо использовать опыт патронных заводов (табл. 33).

Механические свойства стальных гильз ($\sigma_в$) после отжигов несколько выше исходных (табл. 34). Кроме того, после отжига

Таблица 33

Режимы термообработки по данным заводов

Вид полуфабриката	Стальные гильзы стрелкового оружия		Латунные орудийные гильзы	
	Температура отжига, °С	Время выдержки, *мин*	Температура отжига, °С	Время выдержки, *мин*
Колпак	675—700	18—20	680—690	60
1, 2-я... вытяжки	675—685	18—20	670—680	40—45
Предпоследняя вытяжка	650—660	15—18	590—600	18—20

Таблица 34

Механические свойства полуфабриката стальных гильз после отжига

Вид полуфабриката	HRC	$\sigma_в$, *кГ/мм²*	δ, %
Колпак	67—71	38,7—41,2	18,3—30,0
1-я вытяжка	56—72	37,0—39,8	23,7—33,8
2-я вытяжка	65—70	39,4—40,3	25,0—30,6
3-я вытяжка	63—67	39,1—40,6	20,7—27,5
4-я вытяжка	54—65	38,5—42,2	21,3—27,3

Таблица 35

Величина зерна полуфабриката стальной гильзы после отжига, мм

Вид полуфабриката	В углу	По корпусу
Колпак	0,023—0,030	0,021—0,026
1-я вытяжка	0,023—0,030	0,021—0,023
2-я вытяжка	0,026—0,030	0,020—0,021
3-я вытяжка	0,022—0,025	0,020—0,022
4-я вытяжка	0,023—0,028	0,023—0,025

сохраняется небольшая деформация зерен (исходное зерно имеет величину 0,02—0,03 *мм*), причем в углу (в месте перехода корпуса к дну) величина зерна больше, чем в корпусе (табл. 35).

ТЕРМООБРАБОТКА В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ

При изготовлении гильз производят следующие нагревы.

1. Общий нагрев изделия для сушки после промывки в воде, мыльном растворе или после лакирования. Эта операция лишь условно относится к термообработке, поскольку она не изменяет механических свойств металла и его структуры.

2. Общий нагрев (НТО) для устранения остаточных внутренних вредных напряжений, которые в латунных гильзах могут привести к самопроизвольному растрескиванию при хранении, а в стальных — к старению.

3. Общий нагрев изделия (рекристаллизационный отжиг) для восстановления пластических свойств металла, утраченных при холодном деформировании.

НТО и рекристаллизационный отжиг осуществляют в методических электрических печах: проходных с периодическим толканием, типа ТВО-2 с внутренним шнеком, типа «Континенталь» с плетеным конвейером, а также на установках ТВЧ и др.

4. Общий нагрев для получения (совместно с обработкой давлением) необходимых по ТУ механических свойств в донной части и по корпусу гильзы. Это обычно рекристаллизационный отжиг полуфабриката предпоследней вытяжки.

5. Частный (местный) нагрев (отжиг дульца) с целью подготовки и проведения обжима, получения нужных механических свойств материала дульцевой части гильзы в соответствии с условиями ее работы, придания пластичности гильзе для нормального ее извлечения из каморы после выстрела.

6. Общий нагрев полуфабриката с последующим быстрым охлаждением (закалка) с целью повышения механических свойств и создания мелкозернистой структуры.

Сушка

Операция производится в сушильных шкафах, проходных электрических или шнековых печах, во встряхивающих печах башенного типа и в других установках.

Температура сушки не должна быть выше 200—225°С для латунных изделий и 225—270°С для стали и биметалла. При более высоких температурах в готовых гильзах снижается твердость и повышается вязкость металла. Это может вызвать прорыв газов по окружности капсюльного гнезда и даже выпадание капсюля.

Отжиг дульца гильз

Выполняется дважды — до и после обжима.

Отжиг дульца до обжима осуществляется с целью снятия наклепа, подготовки изделия под обжим и обеспечения необходимых механических свойств материала дульцевой части.

Перед отжигом дульца орудийных гильз последние зачастую обмазывают сажевым раствором. Это увеличивает теплопоглощение поверхности изделия, что позволяет снизить температуру, сократить время отжига и уменьшить затраты на электрическую энергию. Кроме того, обмазка сажей делает поверхности всех изделий однородными, одинаковыми по восприятию тепла. Это особенно важно для производств, где в гильзовом цехе нет потока и на отжиг поступают как только что протянутые блестящие, так и полежавшие темные изделия. При одинаковой температуре отжига эти изделия отжигаются по-разному и возможен разброс в механических свойствах гильз.

Однако следует учесть и недостатки, связанные с обмазкой сажей: введение лишней операции, удлиняющей технологический процесс, необходимость установки дополнительного оборудования, расширения производственных площадей, увеличения численности рабочей силы и затрат, повышающих себестоимость изделий.

При непрерывно-поточном производстве обмазку сажевым раствором можно не вводить, так как изделия поступают на отжиг одинакового цвета — блестящими. Во всех случаях вопрос введения этой операции следует решать с учетом необходимости обеспечения высокого качества изделий при наименьших затратах.

Отжиг дульца после обжима осуществляется с целью снятия внутренних напряжений после обжима и повышения пластичности изделий, что обеспечивает нормальное действие при выстреле и извлечение после него.

Печь отжига дульц после обжима работает всегда вместе с прессом обжима. В случае остановки печи следует прекратить и обжим, так как нельзя оставлять неотожженными деформированные на обжиме изделия. Этим предупреждается растрескивание дульц под воздействием внутренних напряжений.

В качестве мерительного инструмента на отжиге дульц применяется масштабная линейка или лекало для замера длины отожженной части гильзы — длины зоны цветов побежалости.

Число отжигов дульца зависит от металла гильзы и коэффициента бутылочности. Для стальных и биметаллических гильз стрелкового оружия при коэффициенте бутылочности менее 1,2 производится один отжиг, при коэффициенте более 1,2 — два отжига.

Для орудийных гильз число и место отжигов дульца выясняются при подсчете числа обжимов с учетом обеспечения качества и требуемых механических свойств. Температура отжига перед обжимом 600—650°С, время 3—5 *мин*.

Режимы частичного отжига после обжима определяются:

прочностью соединения пули или снаряда с гильзой. Например, при повышении температуры отжига дульца орудийных гильз с 450 до 675°С извлекающее усилие падает с 2100 до 800 *кГ*;

способом закрепления снаряда или пули в дульце гильзы. При кернении температура должна быть ниже, чем при завальцовке;

формой накатки на пуле или снаряде. Чем острее переходы, тем выше должна быть температура отжига.

Оптимальная температура отжига 400—450°С.

Длина отжигаемой части зависит от условий работы гильзы при выстреле, коэффициента бутылочности гильзы, размеров дульца, ската, толщины стенок.

Для отжига дульц применяют печи: карусельные (для орудийных и винтовочных гильз), проходные конвейерные (для орудийных гильз), индукционные (для гильз стрелкового оружия и орудийных).

Большую опасность для работы гильз как в оружии, так и при обжиме представляет собой резкий переход от зоны отжига к зоне наклепанного металла. Во избежание брака этот переход должен быть плавным.

Особенно опасен переход зон в стальных гильзах. Практика производства стальных орудийных гильз показывает, что в результате отжига их дульц в месте перехода температур возникает зона синеломкости, характерная для стали, нагретой до 250—350°С, при которой возможно разрушение гильзы во время выстрела. Кроме того, при хранении таких гильз наблюдается выравнивание механических свойств материала по длине изделия (после отжига дульца верхняя и нижняя части гильзы имеют различную пластичность), что приводит к потере механических качеств в нижних слоях корпуса и повышению жесткости верхних поясов (дисперсионное твердение).

С учетом этих явлений в стальных орудийных гильзах наклеп, образующийся на обжиме, должен суммироваться с наклепом на последней вытяжке и обеспечивать механические свойства дульца, исключая необходимость его отжига. Для повышения пластичности гильз перед обжимом проводят НТО всего изделия.

Однако для стальных гильз с большой бутылочностью, а следовательно, с высоким наклепом на обжиме, подобное суммирование наклепов невозможно. В этом случае необходимо проводить отжиг дульц гильз, используя установки ТВЧ и охлаждение на воздухе.

Низкотемпературный отпуск

С целью повышения пластичности стальных гильз перед обжимом и снятия внутренних напряжений после прессовой обработки проводят полный отжиг изделий при температуре 340—380° С. Операция выполняется непосредственно после прессовки дна в обыч-

ных проходных печах для отжига. Повторять НТО не рекомендуется во избежание снижения механических свойств.

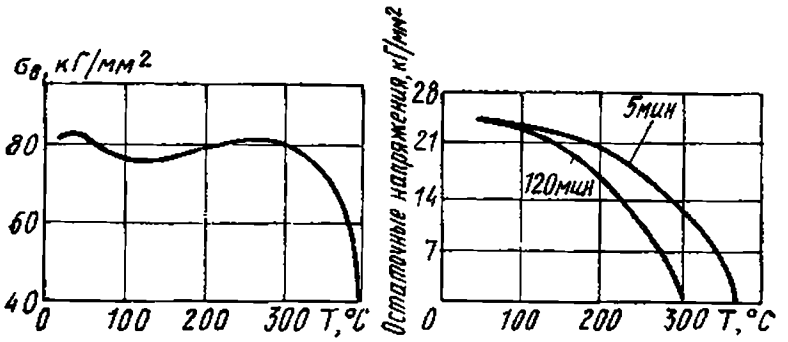

Рис. 86. Влияние температуры и времени отпуска на предел прочности и остаточные напряжения в дульце при НТО латунных гильз

Для снятия внутренних напряжений и повышения пластичности латунные гильзы также подвергаются НТО. Это делают после механической обработки резанием при температуре 240—265° С в специальных печах НТО. Из графика, приведенного на рис. 86, следует, что при температуре более 250° С механические свойства латунных гильз резко падают.

Закалка

Закалка состоит в нагреве стали до температуры выше точки Ac_3, выдержке при этой температуре и последующем быстром охлаждении. Закаленная сталь подвергается отпуску для снятия внутренних напряжений. При закалке образуется мелкая структура металла с высокими механическими свойствами.

Возможна закалка полуфабриката стальных орудийных гильз между вытяжками.

Как известно, сталь с содержанием углерода меньше 0,35% не принимает закалку. Поэтому закалка гильзовой малоуглеродистой стали не дает значительного повышения $\sigma_в$ и твердости по сравнению с наклепом, но обеспечивает мелкозернистость, что способствует росту пластичности. Таким образом, закалка малоуглеродистой стали является по существу нормализацией.

Если число вытяжек с учетом наличного парка оборудования больше, чем необходимо по расчету, то наклеп на каждой операции мал. При этом на отжиге вырастает крупное зерно и на вытяжках возможны обрывы изделий. В этом случае следует проводить вместо отжига закалку, что измельчит структуру и улучшит условия вытяжки.

После закалки дальнейшие отжиги исключаются, а проводятся лишь НТО для снятия напряжений и повышения пластичности материала гильз.

Нагрев под закалку (до 930—970°С) проводится в электропечах с тремя температурными зонами. Последующее охлаждение полуфабриката осуществляется в душевой установке водой с температурой 20° С и давлением 2,5 *атм*. Отпуск осуществляется в проходной печи при $T=530 \div 550$°С в течение 5—6 *час*.

При термообработке гильз нельзя допускать явлений перегрева и пережога.

Перегрев — длительный нагрев при высокой температуре — приводит к образованию крупнокристаллической структуры металла с низкими механическими свойствами. Перегрев может быть исправлен последующей прессовой обработкой. При травлении перегретой стали поверхность ее покрывается узорчатым рисунком крокодиловой кожи.

Пережог — нагрев металла до температуры, близкой к температуре плавления, — приводит к разрушению межкристаллического вещества. Такой металл обрабатывать давлением нельзя.

ПЕСКОСТРУЙНАЯ ОБРАБОТКА

Фланец и корпус под фланцем латунных орудийных гильз (в случае выступающего фланца) сильно наклепаны и требуют дополнительной (кроме НТО) обработки для снятия внутренних вредных напряжений. На этих поверхностях штампованных изделий образуются растягивающие напряжения, приводящие к растрескиванию. Поэтому донную часть гильз необходимо подвергать пескоструйной обработке в специальных аппаратах. При этом на поверхность изделия сжатым воздухом под давлением 3—4 *атм* направляется струя кварцевого белого промытого песка с определенными размерами песчинок ($1{,}6 \times 1{,}6$ *мм*^{2}). Обработке подвергают полотно, фланец и корпус под фланцем на высоте 30—50 *мм*. Время обработки 8—10 *сек*. В очко под капсюльную втулку вставляется резиновая втулка, предупреждающая порчу резьбы. После пескоструйной обработки гильзу изнутри и снаружи обдувают сжатым воздухом.

Исследованиями установлено, что живая сила песчинок (диаметром 0,4—1,5 *мм*) в потоке достаточна для пластического деформирования поверхности термически обработанных изделий на глубину до 0,4—0,8 *мм*. Желательно пескоструйную обработку проводить после НТО.

Микроструктурные изменения металла в процессе пескоструйной обработки подобны изменениям при термической обработке. При пескоструйной обработке размер зерен уменьшается, форма их становится вытянутой перпендикулярно к потоку песка.

В наклепанных слоях металла возникают остаточные напряжения сжатия, которые приводят к выгодному распределению напряжений. При кратковременной обработке в поверхностном слое возникают остаточные напряжения сжатия максимального значения. При длительной обработке — сжимающие напряжения пере-

мещаются вглубь, а в поверхностных слоях вновь возникают растягивающие напряжения.

Специфическая текстура поверхностного слоя после обработки песком делает его нечувствительным к забоинам, коррозии и т. д. Для гильз из кремнистой латуни пескоструйная обработка не требуется.

Эффект наклепа при пескоструйной обработке обеспечивается:

размером и качеством (прочностью) песчинок;

мощностью потока и скоростью его движения;

продолжительностью обработки (обусловливает величину и знак остаточных напряжений).

В настоящее время пескоструйную обработку проводят в специальных полуавтоматах с шагающей рамой.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БРОНЕБОЙНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ МАРОК У12А И У12

На режимы термообработки сердечников оказывают влияние:

механические характеристики изделий, исходя из ТТТ к сердечнику (глубина прокаливания, твердость);

механические характеристики, структура и химические свойства исходного материала;

охлаждающая среда при закалке;

тип оборудования, применяемого для термообработки.

Установлено, что с уменьшением твердости сердечника бронепробиваемость его падает. Например, сердечник диаметром 12,43 *мм* с твердостью HRC 64 на дистанции 100 *м* пробивает броню толщиной до 30 *мм*. Тот же сердечник на той же дистанции при твердости HRC 55 пробивает такую же броню только в 50 случаях из 100.

Сердечники со сквозной прокалкой обладают наилучшей бронепробиваемостью. Температура нагрева при закалке и критическая скорость охлаждения зависят от содержания углерода в металле: чем его больше, тем ниже температура и скорость охлаждения.

Охлаждающая среда влияет на качество изделий. При низкой температуре ее растет брак по трещинам, а при высокой — непрокаливаемость.

Сердечники могут подвергаться нормализации, закалке и отпуску. Причем последние два вида термообработки обязательны, а нормализация проводится только в том случае, когда прутки, поступающие на обработку, имеют неоднородную структуру.

Оборудование — соляные ванны и электропечи.

Режим закалки: температура нагрева 760—810°С, время выдержки 35—40 *мин*, охлаждение в воде.

Отпуск или старение осуществляется путем длительного кипячения в воде. Затем полуфабрикат подвергается контролю на твердость, прокаливаемость и отсутствие трещин.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

К вспомогательным относятся операции удаления окалины, обезжиривания, промывки, протирки и чистки полуфабриката.

УДАЛЕНИЕ ОКАЛИНЫ

Операции удаления окалины вводятся после термической обработки, когда поверхность полуфабриката окислена и его нельзя направлять на вытяжные операции. Слой окалины имеет значительную твердость и хрупкость и на вытяжных операциях в результате больших усилий (удельных давлений) отделяется. При этом часть его вдавливается в изделие, часть налипает на рабочий инструмент. Это приводит к быстрому износу инструмента и ухудшению качества изделий.

Существует несколько способов удаления окалины с поверхности полуфабриката, из них основные: механические, химический и электрохимический.

Механические способы

Подготовку поверхности изделия к последующей обработке можно обеспечить следующими механическими способами:

1. Шлифовкой и полировкой. Выполняют на станках с быстро вращающимися кругами из абразивных материалов. Вначале производят грубую шлифовку, затем — тонкую.

2. Галтовкой. Применяют для мелких изделий и состоит в их перемешивании вместе со шлифующими материалами в барабанах с наклонной осью. Процесс идет в присутствии слабых растворов соды, поташа или мыльной воды.

3. Крацовкой. Производят в барабанах с помощью щеток или стальной и латунной проволоки в присутствии 3%-ного раствора поташа. Применяют для удаления разрыхленного травлением слоя окалины. После крацовки требуется промывка.

4. Пескоструйной очисткой. На сухую поверхность с помощью сжатого воздуха направляют струю кварцевого песка. После этого изделие обдувают чистым воздухом, промывают водой и погружают в ванну для соответствующего покрытия.

Химический способ — травление

Этот способ получил наибольшее распространение на патронно-гильзовых заводах.

Травлением называют процесс удаления окислов с поверхности полуфабрикатов и изделий путем обработки их в растворах кислот, кислых солей и щелочей. Интенсивность процесса увеличивается, если поверхность полуфабриката предварительно очищена

от жировых загрязнений. Можно не прибегать к предварительному обезжириванию, если изделие поступило на травление непосредственно после термообработки и, следовательно, не имеет на своей поверхности жиров и масел.

При химическом способе очистки изделия погружают в раствор кислот и выдерживают там до растворения окислов металла. При этом скорость реакции зависит от состава и структуры окислов, вида кислоты, температуры и концентрации растворов.

Для травления применяют главным образом серную, соляную, азотную и ортофосфорную кислоты.

Техническую серную кислоту используют при травлении, омеднении, декапировании черных и цветных металлов.

Для удаления слоя окалины используют водные растворы серной кислоты концентрацией 5—20%. При меньшей концентрации реакция идет медленно, более концентрированные растворы не реагируют с пленкой окиси (из теории электролитической диссоциации известно, что без распада на ионы кислота не реагирует). Время травления 2—3 *мин*, температура раствора 60—80°С. Повышение температуры до 90°С экономически не выгодно, так как потери тепла с поверхности ванны при температуре 87°С увеличиваются примерно вдвое по сравнению с потерями при температуре 70°С. Однако в некоторых случаях рекомендуют температуру травильного раствора 30—50°С, при которой полуфабрикат высыхает после травления сравнительно медленно и улучшаются условия удаления остатков окалины (шлама) с поверхности.

Для удаления вредных испарений травильное отделение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, а ванны — боковыми (бортовыми) отсосами или зонтами.

Рабочие-травильщики получают спецпитание и обеспечиваются шерстяными костюмами, резиновыми или клеенчатыми передниками, резиновыми сапогами и перчатками, а также очками.

При травлении черных металлов кислота не только растворяет окалину, но и действует на основной металл. Металл насыщается водородом и возможно образование «водородной хрупкости» — признака перетравления полуфабриката. Это сопровождается повышенным расходом кислоты и основного металла изделия, загрязнением атмосферы травильного участка выделяющимся водородом.

С целью устранения этих явлений в травильный раствор добавляют специальные присадки, представляющие собой белковые и другие вещества, подвергнутые специальной обработке.

Действие присадки сводится к тому, что она впитывается поверхностью чистого металла и предохраняет его от сильного растворения. Однако полного прекращения растворения металла присадка не обеспечивает, да этого и не нужно, потому что при полной изоляции металла не было бы выделения водорода, а следовательно, и отрыва окалины с поверхности полуфабриката.

Количество добавляемых присадок не велико и обычно не превышает 1—2% от общего веса травильного раствора. В процессе травления присадки не расходуются, а механически выносятся из ванны.

Наиболее распространены следующие присадки: препарат КС, Ж-1, Антра, Сульфошлям, препарат ЧМ и др.

Препарат КС изготовляют из отходов животного происхождения, крови, молочной сыворотки, богатых белками; Ж-1 — из отходов конопляных жмыхов при производстве фитина. Антра — маслообразная жидкость, приготовляемая из антраценового масла, имеет фенольный запах. Сульфошлям — жидкость бурого цвета, получаемая из шляма внутренней слизистой поверхности кишок животных, разбавленного (в равном объеме) серной кислотой (сульфинируется при температуре 75—78°С в течение 3 *час*).

Особенно широко применяемый препарат ЧМ готовится из нефтепродуктов и имеет две составляющие: регулятор — вязкую жидкость или пасту темного цвета с характерным запахом, труднорастворимую в воде; пенообразователь — темную липкую жидкость почти без запаха, легко растворимую в воде.

Рекомендуют два способа употребления препарата ЧМ:

— в ванну травления добавляют только регулятор, предварительно растворенный в серной кислоте в пропорции 1 : 3. В этом случае травление можно начинать немедленно и без вентилятора;

— пенообразователь и регулятор вместе вливают в ванну травления. В этом случае необходима некоторая выдержка перед началом травления и требуется вентилятор.

Действие присадки ЧМ контролируют по количеству выделяемого из раствора водорода. Через 15 *мин* реакции из раствора с присадкой должно выделяться в 10 и более раз меньше водорода, чем из раствора без присадки.

Химические реакции при травлении стальных изделий

На стальных полуфабрикатах при отжиге образуются три различных вида окислов:

$$FeO;\quad Fe_2O_3;\quad Fe_3O_4 = FeO \cdot Fe_2O_3.$$

Эти окислы реагируют с серной кислотой:

$$FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O;$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O;$$

$$Fe_3O_4 + 4H_2SO_4 = FeSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O.$$

Кроме окислов, с кислотой реагирует чистый металл — железо

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow.$$

Вторая и третья реакции протекают очень медленно, так как участвующие в них окислы железа плохо растворяются в кислоте. Травлению в этом случае помогает выделяющийся при растворении железа водород. Он действует химически, восстанавливая FeO_4 и Fe_2O_3 до FeO и Fe, и механически, отделяя нерастворенные, но уже разрыхленные слои окалины.

При травлении стальных изделий с использованием соляной кислоты протекают реакции:

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O;$$

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow;$$

$$(2Fe + HCl = 2FeCl_3 + 3H_2\uparrow).$$

Окислы железа растворяются в соляной кислоте с образованием солей $FeCl_3$. При этом частично растворяется чистое железо и выделяется водород, который разрыхляет окалину и удаляет ее с поверхности изделия.

Соляная кислота по сравнению с серной легче растворяет окислы, но труднее чистое железо. При окружающей (в цеху) температуре 18—20°С скорость травления в соляной кислоте выше, чем в серной. С увеличением температуры скорость процесса в обеих кислотах увеличивается. Однако серную кислоту в растворе можно нагревать до 60—80°С, а соляную вследствие ее летучести не более как на 40°С. Поэтому практически скорость травления в соляной кислоте уступает скорости травления в серной кислоте.

Для травления может быть применена и ортофосфорная кислота с концентрацией раствора 10—20%.

Ортофосфорная кислота обладает рядом преимуществ по сравнению с вышеперечисленными кислотами:

— легко растворяет окислы железа и при этом очень мало взаимодействует с чистым Fe;

— в отличие от соляной и серной кислот, вызывающих ржавление протравленного металла, пассивирует железо — при использовании ортофосфорной кислоты на поверхности изделия отлагается пленка основной соли фосфата железа, которая предохраняет полуфабрикат от дальнейшего окисления;

— практически не реагирует с хромом и никелем, что важно в случае освобождения от ржавчины хромированных и никелированных изделий.

Химические реакции при травлении латунных изделий

При отжиге латунных изделий на них образуется двойной слой окалины, причем верхний слой, составляющий около 25% общей толщины, представляет собой окись меди CuO, а нижний слой (75% толщины) — закись меди Cu_2O.

При травлении протекают следующие реакции:

$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O;$$

$$Cu_2O + H_2SO_4 = Cu \downarrow + CuSO_4 + H_2O.$$

Во время второй реакции выделяется свободная медь, которая осаждается на полуфабрикате в виде красных пятен. Это вызывает затруднение на вытяжках, поскольку между основным слоем металла и инструментом образуется медная пленка, увеличивающая трение и вызывающая задиры. Чтобы избежать этого, полуфабрикат надо после травления протирать.

При травлении латунных изделий отсутствуют окислы цинка (он выгорает в печи), окислы меди хорошо растворяются в кислоте, не выделяется водород в связи с тем, что по ряду активности медь стоит ниже водорода и не может вытеснить его из соединений, поэтому нет нужды применять присадку.

Для травления сильно окисленных цветных металлов, например латунных полос, может применяться азотная кислота. Используют ее 10—15%-ный водный раствор с добавлением 1—3% хромового ангидрида.

Практически скорости реакций травления стальных и латунных изделий одинаковые, так как при травлении стали отделению окалины помогает выделяющийся водород.

К недостаткам химического способа травления следует отнести:

— необходимость нагрева раствора до 60—70°С, что вызывает большой расход энергии и значительное выделение вредных газов, действующих на здоровье рабочих и разрушающих арматуру и оборудование цеха;

— низкую производительность вследствие медлительности процесса;

— значительный расход кислоты, составляющий примерно 2—3% от веса металла;

— большие потери металла из-за разъедания его после отделения окалины.

Электрохимическое травление

При этом способе травления удаление окислов с поверхности металла происходит не только под химическим воздействием тра-

вильных растворов, но и вследствие анодно-катодных процессов, происходящих под действием электрического тока.

Обычно применяют анодный метод, при котором металл (анод) растворяется, а выделяющийся кислород отрывает окалину. Электролитом служит 5%-ный раствор серной кислоты. Плотность тока 8—10 *а/дм*^{2}, напряжение 6 *в*.

Преимущества электрохимического травления перед обычным:

сокращается время травления и увеличивается пропускная способность ванн; уменьшаются расход кислоты и потери металла;

понижаются температуры травления, что улучшает условия работы на травильных участках.

Травление можно осуществлять вручную и механизированным способом. Для ручного травления характерны низкая производительность, зависимость качества травления от внимательности рабочего, тяжелый и вредный труд рабочих. Механизированный способ по сравнению с ручным обеспечивает повышение производительности, сокращение числа рабочих и производственных площадей, уменьшение брака, улучшение условий труда рабочих.

Струйный метод травления

Этот метод травления применяется в роторных линиях и основан на использовании струй раствора кислоты, направляемых на изделия *5* (рис. 87) через форсунки *6* под определенным давлением. При таком методе удаление с изделий различных пленок

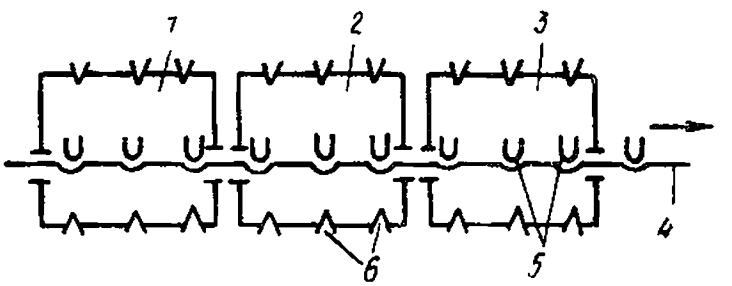

Рис. 87. Установка травления туннельного типа: *1* — камера травления; *2*, *3* — камеры промывки холодной и горячей водой соответственно; *4* — конвейер; *5* — изделия; *6* — форсунки подачи раствора

окислов происходит путем химического воздействия кислотного раствора и механического действия струи этого раствора. Этим ускоряется процесс травления и растворимые окислы удаляются быстрее. Из трех слоев окалины на стальных изделиях нижний (закисный) слой растворяется быстрее других, а верхние (нерастворившиеся) слои удаляются с помощью струй кислоты.

Преимущества струйного метода по сравнению с обычным травлением:

потребность в кислоте на 40% меньше;

травление ускоряется в два — три раза;

длина установки примерно в два раза меньше;

легко производить фильтрацию и очистку травильного раствора для его повторного использования;

установка полностью закрыта, вредные кислотные газы выводятся по специальным трубам. Такие установки можно поместить в любом цехе, где требуется травление, но нет травильного отделения.

Газовое травление

Этот способ применяют для получения чистой, хорошо протравленной поверхности и с целью сокращения продолжительности процесса. По этому способу травят стальные полосы, ленты, листы. Материал поступает в камеру печи *2* (рис. 88), где происходит сгорание жировых загрязнений и нагрев до температуры 600—700°С. Затем материал (лента) проходит через воздушный затвор *4* в камеру газового травления *5*, где он омывается травильными газами, идущими с противоположной стороны камеры. Пройдя зону охлаждения, материал через гидравлический затвор *7* выходит из установки и в специальных ваннах *8* на него наносится защитное покрытие. Продолжительность такого травления 10—60 *сек*.

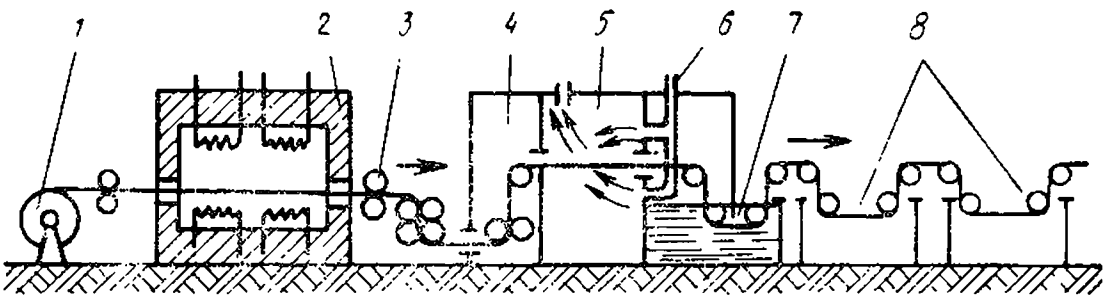

Рис. 88. Установка газового травления:
1 — катушка с лентой; *2* — печь отжига; *3* — ролики подачи ленты; *4* — воздушный затвор; *5* — камера газового травления; *6* — подача травильного газа; *7* — гидравлический затвор; *8* — ванны защитных покрытий

Преимущества газового травления по сравнению с другими видами травления:

меньшая продолжительность процесса;

получение более чистой поверхности;

исключается необходимость проведения операции обезжиривания;

возможно совмещение операций отжига и травления.

ПРОЦЕСС ОБЕЗЖИРИВАНИЯ

Обезжиривание производится с целью удаления с поверхности металла всех видов жировых загрязнений и налетов, кроме окислов самого металла. Оно может быть химическим, органическим и электрохимическим.

Химическое обезжиривание — очистка поверхности от жировых загрязнений путем погружения изделия в раствор щелочей или щелочных солей.

Жировую пленку на поверхности полуфабриката образуют все виды минеральных масел и смазок. Различные жировые пленки делят на омыляемые и неомыляемые. К группе омыляемых относят все животные и растительные жиры, которые вступают в реакцию со щелочью и образуют мыло, растворимое в воде. К группе неомыляемых относят все остальные жиры, не реагирующие со щелочью. Однако при определенных условиях они могут дать эмульсии и легко удаляются с поверхности изделий. Для этого в раствор щелочей добавляют так называемые поверхностно-активные вещества, которые облегчают отрыв капелек масла от поверхности изделия и образуют эмульсии. К таким веществам относятся: жидкое стекло, мыло, различные белковые соединения.

Обезжиривание органическим растворителем необходимо в том случае, когда на поверхности изделия имеется вязкий, густой жировой слой. Такая операция выполняется предварительно перед химическим обезжириванием. Органическим растворителем служат: керосин, бензин, ацетон.

Химическое обезжиривание производят горячим раствором щелочей, которые действуют двояко: превращают все жиры в тонкие эмульсии, легко отделяемые от поверхности изделия, и расщепляют жиры на мыло и глицерин, растворимые в воде. Температура ванн не менее 70°С, время выдержки 8—10 *мин*.

На практике в состав раствора включают:

едкий натр (каустическую соду) $NaOH$;

кальцинированную соду Na_2CO_3;

тринатрийфосфат Na_3PO_4;

жидкое стекло (раствор в воде силикатов натрия $Na_2O \cdot n\ SiO_2$ или калия $K_2O \cdot mSO_2$).

Рекомендуемый порядок операций:

органическое обезжиривание (в случае надобности);

промывка в горячей воде;

обезжиривание в щелочном растворе;

промывка в горячей воде;

обезвоживание и сушка.

Электрохимическое обезжиривание проводится в растворах того же состава, но при воздействии постоянного тока. Обычно изделия служат катодом, а анодом являются железные пластины, покрытые никелем. Температура электролита 70—80°С,

плотность тока 2—5 *а/дм²*. Выделяющийся водород облегчает отрыв капелек масла от поверхности металла, ускоряя процесс обезжиривания. Однако при этом водород проникает в металл и делает его хрупким. Для того чтобы этого не происходило, надо изделие сделать анодом, но в этом случае процесс замедляется.

Закаленные изделия из стали электролитическим способом не обезжиривают.

ПРОМЫВКА, ПРОТИРКА И ЧИСТКА

Промывкой удаляют с поверхности изделия остатки травильных растворов, обезжиривающих реактивов и т. д.

Горячая промывка выполняется при температуре 70—80°С, чем обеспечивается последующее высыхание изделия за счет собственного тепла. Поскольку ванны промывки загрязняются химическими реактивами, за рабочую смену вода в них меняется три — четыре раза. Холодная промывка осуществляется в проточной воде. Кислотность промывочных ванн допускается не более 0,1%.

Для обезвоживания изделий производится их протирка березовыми или дубовыми древесными опилками поперечной резки (во избежание щеп) в барабанах с решетчатой и сплошной крышками. Кроме того, применяют бумагу, ветошь, кожу.

Чистка хлопчатобумажными концами, шкуркой, корундовым порошком подготавливает изделия к дальнейшей обработке. Применяемое при этом оборудование — барабаны, вертикальные и горизонтальные установки.

§ 3. АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ

Антикоррозионные покрытия полуфабрикатов и готовых изделий предназначены для предохранения металла изделий от коррозии. Они должны отвечать требованиям:

стойкости против коррозии при длительном хранении;

прочности сцепления с основным металлом в условиях транспортировки, хранения, снаряжения;

высокой термической стойкости при выстреле, исключающей загрязнение каморы;

отсутствия взаимодействия с элементами патрона;

обеспечения гарантированной прочности гильзы и нормального ее извлечения из каморы;

обеспечения товарного вида гильз.

Покрытия создаются лакированием, защитными окисными пленками и металлизацией.

В случае лакирования наружная и внутренняя поверхности изделия покрываются лаком 4С путем пульверизации. Подобного покрытия можно достичь и окуная изделие в лак. Фосфатирование поверхности с последующим лакированием может проводиться в электростатическом поле.

ЗАЩИТА ОКИСНЫМИ ПЛЕНКАМИ

Различают покрытия естественными и искусственными окисными пленками. Естественные пленки образуются на изделиях во время выполнения операций технологического процесса или создаются при окислительном отжиге. Искусственные пленки значительно толще естественных и получают их путем пассивирования или фосфатирования поверхностей изделия.

Пассивирование

Это искусственное растворение слоя основного металла с образованием на его поверхности тонкой защитной пленки окислов.

В процессе пассивирования наблюдается изменение размеров изделия, например, увеличивается диаметр резьбы в очке и непроходной калибр может ввинчиваться. Поэтому после пассивирования необходим контроль не только качества покрытия, но и резьбы. Пассивирование латунных гильз предупреждает их саморастрескивание.

Примерный технологический процесс пассивирования латунного изделия следующий:

травление в 10%-ном растворе серной кислоты в течение 20—30 *сек* при температуре 50—60°С;

промывка;

обезжиривание (NaOH, Na_2CO_3, Na_3PO_4, жидкое мыло) при температуре не менее 98°С в течение 8—10 *мин*;

промывка;

травление (декапирование) в течение 10—15 *сек* (операция необходима для окончательной подготовки поверхности под пассивную пленку);

промывка;

предварительное пассивирование (CrO_3, H_2SO_4, NaCl) в течение 20—30 *сек*;

промывка;

основное пассивирование (35 *сек*);

окончательное пассивирование (4 *сек*);

промывка;

нейтрализация (Na_2CO_3) при температуре 50—60°С в течение 3—8 *сек*;

промывка;

промывка в горячей воде (50—100°С) в течение 20—40 *сек*;

сушка воздухом при температуре 60°С (3—5 *сек*).

Фосфатирование

Ускоренное фосфатирование применяют для покрытия стальных изделий. В процессе травления на полуфабрикате этих изделий образуются легко растворимые соли железа, которые при промывке

удаляются неполностью, что приводит к ржавлению металла. Если травление происходит в ортофосфорной кислоте, то на поверхности изделия образуется тонкая нерастворимая пленка фосфорнокислого железа (фосфат железа), которая защищает изделие от коррозии в период межоперационного хранения.

Однако фосфатный слой не создает надлежащей защиты при длительном хранении изделий и в этом случае требуется дополнительная обработка, например, путем лакирования.

В процессе фосфатирования изделие меняет свой цвет и размеры. Обработанная поверхность получается гладкой, блестящей, темно-серого цвета и мелкокристаллической структуры. Изменение диаметра колеблется в пределах 10—20 *мкм*.

Толщина слоя зависит от способа покрытия (холодное или горячее) и времени нахождения изделия в растворе.

На образование фосфатного слоя оказывают влияние:

— состав стали. Содержание углерода мало влияет, но хром и другие легирующие элементы улучшают образование слоя фосфата;

— состояние поверхности изделия. При гладкой поверхности получается неровный, а при шероховатой — ровный фосфатный слой;

— предварительная обработка поверхности. Обезжиривание в щелочных растворах обеспечивает образование крупнозернистого слоя, а применение органических растворителей — мелкозернистого;

— режимы процесса фосфатирования (концентрация и температура раствора, температура загружаемых изделий, способ перемещения изделий в ванне).

В гильзовом производстве фосфатированием достигается:

предохранение металлических элементов от ржавления в процессе изготовления изделия;

получение прочного слоя (подслоя) твердой смазки на сверточно-вытяжных и обжимных операциях;

предохранение металлических элементов от ржавления после изготовления изделия и обеспечение прочного удержания лакового покрытия его поверхностей.

Холодное фосфатирование при цеховых температурах по сравнению с горячим имеет ряд преимуществ: процесс происходит при более низких температурах; меньше отложений на стенках ванн, меньшая длительность процесса, применяются более простые по конструкции и материалу ванны.

Типовой технологический процесс ускоренного фосфатирования между вытяжками следующий:

травление после отжига;

промывка холодной водой;

промывка горячей водой (чаще сменять воду, чище промывать полуфабрикат);

нейтрализация в растворе соды для удаления остатков кислоты;

промывка горячей водой и подогрев изделий до температуры ванны фосфатирования;

ускоренное фосфатирование в течение 3—5 *мин* при температуре 42—47°С в конденсате с концентратом из окиси цинка ZnO, ортофосфорной кислоты H_3PO_4, азотной кислоты HNO_3, кальцинированной соды Na_2CO_3, нитрата натрия $NaNO_3$. Цвет раствора в ванне фосфатирования — фисташковый. Подогрев ванны производится паром с помощью змеевика во избежание снижения концентрации раствора;

промывка горячей водой;

выдержка в мыльном растворе. (Необходима для впитывания жидкой смазки, улучшения стойкости слоя на вытяжках и нейтрализации остатков кислот).

Возможные при фосфатировании виды брака приведены в табл. 36.

Таблица 36

Виды и причины брака при фосфатировании

Вид брака	Причины
Крупнокристаллический слой покрытия	Попадание в раствор серной кислоты
Коррозия обработанного полуфабриката	В растворе недостаточно ортофосфорной кислоты
Выпадание в осадок окиси цинка и медленное течение процесса	Падение температуры ниже 42°С
Непокрытые поверхности изделий	Избыток азотной кислоты в растворе

ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Существуют следующие способы покрытия изделий металлом для защиты от коррозии: плакирование томпаком, меднение, латунирование, цинкование, хромирование, никелирование, лужение и др. В ПГП нашли применение: меднение, латунирование и цинкование.

Перед покрытием металлом поверхность изделия следует тщательно подготовить, для чего производят обжиг или обезжиривание изделия. Чтобы обеспечить высокое качество покрытия необходимо применять чистые химикаты и дистиллированную воду (конденсат).

Меднение

Меднение заключается в контактном покрытии поверхности изделий слоем меди. Покрытие медью нельзя считать достаточным для защиты от коррозии, так как в случае оголения стального изделия происходит быстрая реакция железа с медью и разрушается основной слой металла. Меднению можно подвергнуть стальные гильзы и пульные оболочки перед их вытяжками и гильзы перед обжимом с целью нанесения подслоя твердой смазки.

Технологический процесс меднения примерно следующий:

травление в растворе 8—12%-ной серной кислоты с присадкой ЧМ (0,5—1,0%) при температуре 50—70° С;

промывка в холодной воде;

нейтрализация содовым раствором;

промывка в холодной воде;

меднение в течение 5—10 *сек* в ванне с содержанием (в *Г/л*) $CuSO_4$ 90—110, H_2SO_4 50—70, NaCl 3—10 и столярного клея 1—3;

промывка в холодной воде;

погружение в мыльный раствор.

В период Великой Отечественной войны при изготовлении стальных орудийных гильз в качестве твердого подслоя смазки применяли известь. Процесс известкования проводился взамен меднения или после меднения перед погружением в мыльный раствор. Состав ванны: раствор извести 90—120 *Г/л*; температура ванны 80—100° С, выдержка 10—30 *сек*. При известкованном полуфабрикате получаются сильные царапины на матрицах (особенно с вкладышами ВК8) из-за налипания извести.

В случае необходимости размеднение полуфабриката проводят в растворе хромового ангидрида (170—200 *Г/л*) и серной кислоты (8—10 *Г/л*) в течение 10—15 *мин*.

Погружение полуфабриката в мыльный раствор после меднения улучшает стойкость слоя на вытяжках, способствует лучшему сцеплению его со смазкой и нейтрализует остатки кислотных солей.

Латунирование

Этот вид металлопокрытия применяют в производстве гильз стрелкового оружия и пульных оболочек.

Перед латунированием изделия обезжиривают и промывают. Латунирование производят в электролитической ванне с раствором: углекислой меди, цианистого калия, кристаллической соды и сернокислого натрия. Плотность тока 0,5—0,6 *а/дм²*, температура ванны 30—35°С, время выдержки 1—2 *час*. В качестве анода используют листовую латунь или латунную стружку. В результате латунирования металл покрывается плотной и прочной пленкой латуни толщиной 3—5 *мкм*; поверхность изделия становится жел-

той, блестящей и обладает высокими антикоррозионными свойствами.

К недостаткам латунирования надо отнести: выделение свободного цинка, заражающего атмосферу; образование синильной кислоты, свертывающей кровь человека; малую анодную растворимость латуни, требующую введения дополнительного анода; сложность процесса при массовом производстве.

Цинкование

Различают горячий и гальванический способы цинкования.

Горячий способ применяют при обработке изделий из железа для хозяйственного обихода. Вследствие явления диффузии цинка и железа покрытие получается прочное, но для гильз этот способ не пригоден в связи со снижением прочности их стенок.

Гальванический способ применяют для оцинкования гильз и пульных оболочек. Однако покрытие получается непрочное, пористое и при дальнейшей обработке возможно его отскакивание. В процессе хранения такое изделие покрывается серым налетом. Цинковое покрытие предохраняет сталь от коррозии, однако само быстро корродирует, образуя при этом твердые продукты коррозии (окись цинка). При стрельбе такими гильзами камора оружия засоряется.

Поэтому необходимо оцинкованные изделия лакировать или пассивировать, латунировать или фосфатировать. Вообще в практике ПГП широко применяются комбинированные покрытия. Например, цинкование, а затем пассивирование; или цинкование, а потом фосфатирование. Вторая комбинация дешевле первой и обеспечивает получение стойкого покрытия. Однако при этом необходимо еще производить лакировку фланца и среза дульца, так как при транспортировке и ударах в этих местах возможны нарушения слоя покрытия.

При цинковании наружные размеры изделия увеличиваются, а внутренние уменьшаются на 14—30 *мкм*.

Технологический процесс цинкования примерно следующий:

обезжиривание в растворе Na_3PO_4 и Na_2CO_3 при температуре 95°С с выдержкой не менее 20 *мин*. Применение ультразвука сокращает время выдержки до 40 *сек*;

промывка горячей водой;

промывка в холодной воде. Если при этом вода не скатывается с изделий шариками (отделяется при встряхивании), а хорошо прилипает к поверхностям ровным слоем, то качество обезжиривания высокое;

травление в H_2SO_4 при температуре 15—25°С в течение 1—3 *мин*;

промывка в холодной воде;

декапирование в H_2SO_4 в течение 0,3—0,5 *мин*;

промывка в холодной воде;

электролитическое цинкование;

промывка в холодной воде;

пассивирование в растворе CrO_3, NaCl при температуре 15—25°С в течение 4—8 *сек.* При этом образуется слой окиси цинка и заполняются поры цинкового покрытия;

промывка в холодной воде;

сушка в течение 10 *мин* в сушильных шкафах с электрокалорифером;

лакировка отверстия под КВ, фланца и дульца (лучшие лаки применяются при холодном покрытии);

сушка;

сплошной контроль ОТК;

смазка изделий (стальных — трансформаторным маслом, латунных — пушсмазкой) в течение 0,2 *мин* при температуре 15—35°С. Слой смазки должен быть тонким, равномерным.

Операция электролитического цинкования выполняется в круглых освинцованных внутри ваннах с вращающимся катодом и дополнительным анодом. Энергия поступает от специального машинного генератора постоянного тока (напряжение до 7 *в*, плотность тока 2 *а/дм*^{2}). Состав ванны: раствор в конденсате сернокислого цинка $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (необходим для отложения цинка), сернокислого натрия $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (создает электропроводность раствора) сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (обеспечивает отложение мелкозернистого цинка) и декстрина (обеспечивает лучшее прилипание раствора к изделиям).

Раствор ванн меняется после обработки 300 тыс. гильз. Катодом являются изделия, подвешенные к вращающейся шине на подвесках типа «Игла», анодом служат цинковые пластины. Температура ванны 26—27°С, время выдержки 29—31 *мин.* Для стабилизации процесса в начале работы в ванну загружают восемь бракованных полуфабрикатов.

Антикоррозионное покрытие стального изделия (цинкование) должно соответствовать ТУ и обеспечивать выполнение требуемых размеров по каморе и резьбе (диаметр резьбы от слоя цинка уменьшается). Не допускаются отслаивания, пузыри, плены.

Толщина слоя цинка контролируется выборочно: на одном изделии из 400. Она должна быть не менее 15 *мкм.*

Восстановление орудийных гильз после выстрелов производится по следующему технологическому процессу:

промывка в горячей воде при температуре 70—80°С;

протирка;

переобжим в соответствующих матрицах;

сплошной контроль длины, по каморе и резьбы;

расцинкование в растворе серной кислоты;

промывка в холодной воде;

промывка в горячей воде;

чистка наждачной шкуркой;

цинкование по вышеуказанной технологии;

сплошной контроль ОТК.

Глава VII

ФИНИШНЫЕ ОПЕРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПГП

§ 1. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА И СНАРЯЖЕНИЯ ПАТРОНОВ

Монтаж патронов (выстрелов) — совокупность технологических операций соединения отдельных элементов патрона (капсюля или капсюльной втулки, гильзы, заряда, снаряда или пули, вспомогательных элементов). Монтаж обеспечивает получение окончательной формы и размеров патрона и является заключительной частью технологического процесса изготовления патрона в целом. От качества монтажа в значительной степени зависят качества готового патрона. Например:

— при низком качестве вставки капсюльной втулки (капсюля) может произойти прорыв газов при выстреле;

— точность навески порохового заряда влияет на разброс начальных скоростей и дальностей полета снарядов (пуль), а также на кучность боя оружия;

— качество вставки снаряда или пули сильно влияет на работу автоматических механизмов оружия и цельность патрона при перевозках.

Технологический процесс монтажа патронов осуществляется по следующей схеме:

1. Монтаж гильз: осмотр, вставка и кернение капсюлей.
2. Осмотр смонтированных гильз.
3. Снаряжение патронов: навеска и насыпка пороха, вставка и догонка пули.
4. Осмотр снаряженных патронов.
5. Обжим патронов.
6. Проверка по каморе.

Монтаж патронов стрелкового оружия и авиапатронов на автоматических роторных линиях выполняется по такой схеме.

1. На линии вставки капсюлей: вставка капсюля, контроль высоты посадки капсюля, кернение, контроль, лакирование, сушка.
2. На линии снаряжения патронов: навеска заряда, насыпка пороха с восьмью досыпками и контролем, вставка пули, лакировка, окончательная догонка; обжим; проверка по каморе.

На специальных столах донышком вниз устанавливаются капсюли. Контролеры осматривают их и удаляют бракованные. Осмотренные капсюли загружаются в кассеты и направляются на станок капсюлирования, где упорный пуансон *7* (рис. 89) подает изделие *6* до упора в матрицу вставки *4*. Упорные плашки *5* центруют гильзу по очку матрицы. Капсюли *1* поштучно из кассеты по лотку *2* поступают на линию действия пуансона вставки *3*. Капсюлирование гильзы осуществляется за один ход пуансона вставки.

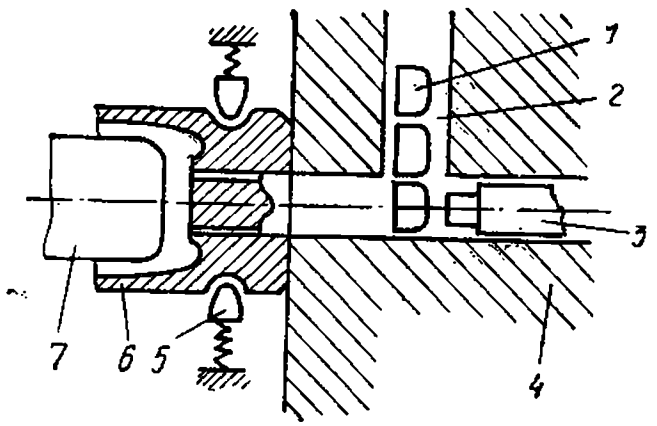

Рис. 89. Схема капсюлирования:
1 — капсюль; *2* — лоток; *3, 4* — пуансон и матрица вставки; *5* — упорные плашки; *6* — изделие; *7* — упорный пуансон

Кернение капсюля (рис. 90) частично предотвращает прорыв газов при выстреле и не допускает выпадания капсюля. Инструмент устанавливается также, как и при капсюлировании. Коль-

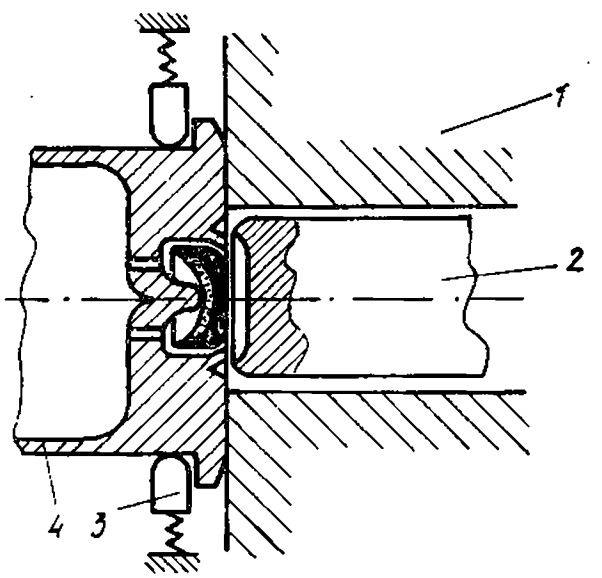

Рис. 90. Схема кернения:
1 — матрица; *2* — керн; *3* — упорные плашки; *4* — изделие

цевое кернение, изображенное на схеме, принято в основном на отечественных заводах.

При монтаже гильз применяется следующий рабочий инструмент: матрица и пуансон (догоночный) вставки капсюля, упорные

пуансон и планки, матрица кернения и керн. Материал инструмента — сталь У10А.

Встречающийся при монтаже гильз брак перечислен в табл. 37.

Таблица 37

Виды и причины брака при монтаже гильз

Вид брака	Причины
Косо вставленный капсюль	Сработалась рабочая часть догоночного пуансона
Вмятины и отпечатки на капсюле	Налипание на торец пуансона посторонних предметов
Засечки на капсюлях	Выкрошен или эксцентрично установлен догоночный пуансон
Высоко или низко посаженный капсюль	Неверная установка догоночного пуансона
Задранный бортик капсюля	Малая фаска на капсюльном гнезде
Мелкое или глубокое кернение	Не отрегулирована установка керна
Косое кернение	Сработался керн
Эксцентричное кернение	1. Сработался керн. 2. Сработались направляющие керна

СНАРЯЖЕНИЕ ПАТРОНОВ

Снаряжение патронов производят на специальных станках или роторных линиях и состоит в подаче капсюлированной гильзы, навеске и насыпке в нее пороха, проверке его количества, в подаче, вставке и догонке пули. Отличительной особенностью снаряжения патронов крупного калибра является применение весового или объемно-весового дозирования порохового заряда. При снаряжении патронов малого калибра обычно применяется способ объемного дозирования, не обеспечивающий достаточную точность заряда для крупнокалиберных патронов. Чем однороднее порох по размерам зерна и влажности, тем точнее дозировка.

Объемный способ дозирования обеспечивает высокую производительность снаряжательного оборудования, но может быть с успехом применен лишь для мелкозернистого пороха. В случае крупнозернистых порохов этот способ приводит к погрешности до 5% от номинального веса заряда. При более точном весовом способе порох подается в ковш, укрепленный на коромыслах весов, или как-либо иначе. Существует несколько методов подачи пороха:

— равномерной струей в течение всего процесса взвешивания;

— несколькими струями различной силы, уменьшающимися по мере приближения к заданному весу;

— струями, интенсивность которых регулируется в течение всего процесса взвешивания. Этот метод основан на использовании автоматических весов с саморегулирующимся коромыслом.

При объемно-весовом способе первоначально осуществляется грубая дозировка по объему, а затем производится досыпка равномерной тонкой струей по весу.

Рабочий инструмент снаряжения: матрица снарядки, щуповый, расправочный и догоночный пуансоны, выталкивающий стержень. Весь инструмент изготовлен из стали У10А.

Мерительный инструмент: скоба на длину патрона, камора, механические весы, динамометр для определения извлекающего пулю усилия, аналитические весы на вес заряда.

Перечень видов возможного брака при снаряжении приведен в табл. 38.

Таблица 38

Виды и причины брака при снаряжении

Вид брака	Причины
Патроны без заряда или с неверным зарядом	Неточная работа дозирующего устройства
Длинные или короткие патроны	Неверная установка догоночных пуансонов
Срыв вершины, *засечки и царапины* на пуле	*Износ догоночного пуансона*

Порох, предназначенный для снаряжения, в количестве около 900 *кГ* завозится (в ящиках) в пороховую кабину цеха и высыпается сначала в открытый латунный ящик, а из него в кубышки емкостью 2,0—2,5 *л*. В кубышках порох подогревается до температуры 18—20°С и подается в снаряжательное отделение цеха.

Пороховая кабина представляет собой капитальную пристройку к снаряжательному цеху. Вход в нее разрешен только лицам по списку, утвержденному начальником цеха. Рассыпка пороха на полу и по столу не допускается, а в случае, если это произойдет, надо немедленно собрать его в латунный совок или на дощечку и высыпать в отдельный ящик. Пол в кабине необходимо мыть один раз в смену. Батареи отопления, окна, стены, столы протираются влажной тряпкой не реже двух раз в смену. Окно из кабины в цех открывается только в момент передачи в цех кубышек.

ОБЖИМ ПАТРОНОВ

Обжим патронов необходим для закрепления пули *1* (рис. 91) или снаряда *4* в дульце гильзы *3*. При обжиме патронов металл гильзы вминается в пулю или в канавку накатки *5* на снаряде. Операцию выполняют с помощью обжимных плашек и цанг на горизонтальных коленчато-рычажных прессах или с помощью накольного прибора на вертикальных прессах и роторных линиях.

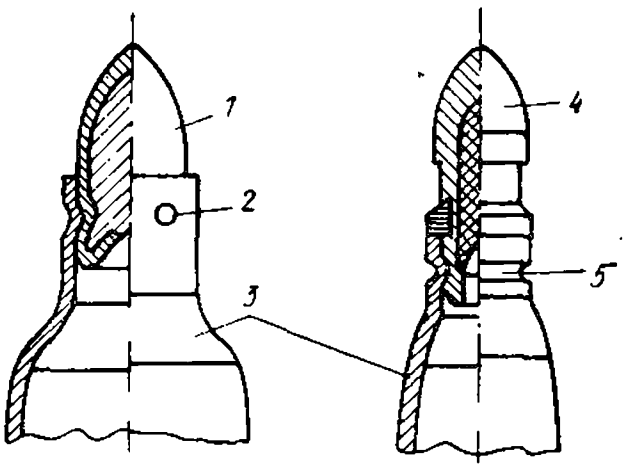

Рис. 91. Обжатые патроны:
1 — пуля; *2* — место кернения; *3* — гильзы; *4* — снаряд; *5* — канавка накатки

Обжим обеспечивает создание в патроне требуемого давления пороховых газов при выстреле, а также предупреждает демонтаж патронов на последующих операциях их производства, при транспортировке и заряжании в оружие. Прочность закрепления пули или снаряда в гильзе определяется механическими качествами дульца, способом обжима его и характеризуется усилием, которое нужно приложить к снаряду (пуле) в осевом направлении для его извлечения из дульца гильзы (табл. 39).

Таблица 39

Необходимые величины извлекающих грузов

Калибр патрона, *мм*	Вес груза, *кГ*	Калибр патрона, *мм*	Вес груза, *кГ*
7,62	35—100	До 55	⩾300
12,7 и 14,5	150—350	76 и более	400
До 45	⩾200		

Рабочий инструмент, применяемый на операции обжима патрона: матрица обжима, догоночный пуансон, накольный прибор, керны, плашки. Материал — сталь У10А.

Контрольный инструмент: кольца на диаметры дульца и ската, поверочные каморы, скобы на диаметр накатки, прибор для определения величины извлекающего груза.

Возможный брак при обжиме патронов перечислен в табл. 40.

Таблица 40

Виды и причины брака при обжиме патронов

Вид брака	Причины
Кольцеобразные царапины на пуле	Неверно изготовленные плашки
Слабозавальцованные патроны	1. Выработка рабочей части плашек. 2. Неверная установка плашек
Царапины на гильзе	1. Выкрошилась матрица. 2. Налипание металла на матрице
Малый вес извлекающего груза	1. Ослабло крепление плашек. 2. Неисправен накольный прибор
Патроны без кернов	Поломка накольного прибора

§ 2. КОНТРОЛЬ ПАТРОНОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В процессе производства и после окончательного изготовления патроны и гильзы подвергаются контролю по линейным размерам, состоянию поверхности и боевым качествам.

ЗАДАЧИ И ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Контроль в ПГП должен обеспечить:

— изготовление взаимозаменяемых патронов и гильз, т. е. патронов и их деталей с одинаковыми размерами в пределах заданных допусков;

— изготовление патронов и их элементов отличного качества, т. е. без пороков, влияющих на их прочность, боевые качества и свойства при длительном хранении.

— непрерывное наблюдение за правильностью технологического процесса;

— предупреждение появления брака;

— своевременное и быстрое удаление некондиционных изделий, обнаруживаемых в процессе производства.

Наилучшим способом контроля является статистический контроль, предупреждающий появление брака. Однако применение такого контроля возможно при стабилизации технологического процесса и требует контрольных приборов абсолютного измерения. При статистическом методе контролер периодически измеряет группу изделий и средний арифметический размер наносит на график. По характеру получаемой кривой изменения размеров во времени судят о точности и стабильности технологического процесса.

В ПГП различают три вида контроля:

1. Контроль полуфабрикатов в процессе производства. Он состоит из выборочного операционного и межучасткового или межцехового контроля.

При выборочном операционном контроле число выборок за смену и количество полуфабрикатов в выборке зависят от характера операции (табл. 41). Для орудийных гильз применяется выборка 5—10% изделий от общего количества, производимого в смену. При этом сплошному контролю подвергают: разностенность вверху и внизу полуфабриката последней вытяжки, толщину и косину дна и фланца на прессовке, вхождение в камору и наружный вид на обжиме, основные металлорежущие операции, резьбу после антикоррозионных покрытий. Кроме того, при смене инструмента, режимов термообработки или растворов необходимо проконтролировать первые после смены полуфабрикаты. Количество полуфабрикатов, расходуемых на наладку, не должно превышать 2—3.

Таблица 41

Рекомендуемые число и объем выборок контроля изделий к стрелковому оружию

Вид обработки	Число выборок в смену	Количество изделий в выборке
Механическая	До 50	15—20
Термическая	10—20	5
Вспомогательные операции	15—20	20—30

Проверку осуществляет контролер — один на несколько рабочих мест. На некоторых предприятиях контроль ОТК применяют лишь на последней вытяжке, а качество предыдущих вытяжек контролируют производственные мастера. Это целесообразно, поскольку очевидна тесная связь возможного брака на предыдущих вытяжках с браком на последней.

Межучастковый или межцеховой контроль применяется в производстве орудийных гильз. При этом проводится сплошной контроль трех размеров, которые изменяются при обработке на данном участке. Оба вида контроля включают: осмотр наружной поверхности, проверку размеров, формы и механических свойств изделия.

2. Приемочный сплошной контроль готового изделия. Он производится по размерам, правильности формы, весу и состоянию поверхности изделия.

3. Приемочный контроль ОТК завода. Он выполняется выборочно (табл. 42) при передаче элементов патрона на снаряжение, а готовых патронов и гильз — заказчику. Этот вид контроля включает также и все испытания на качество готового изделия.

Контроль линейно-угловых размеров и геометрической формы патрона может осуществляться тремя способами: ручным, механи-

зированным и автоматическим. Этот вид контроля включает сплошную проверку по каморе и проверку по длине. Вес контролируется объемно-весовыми измерениями. Наружный осмотр производят на специальных станках с зеркалами или на смотровых столах визуальным способом.

Таблица 42

Количество изделий в выборке от партии, %

Объект контроля	Гильзы	Пульные оболочки	Бронебойные сердечники
Линейные размеры	3—5	5—10	3—5
Состояние поверхности	8—15	10—12	8—10
Твердость	0,05—0,06	0,03—0,05	1—2
Внутренние напряжения	20—40 шт.	—	—

Боевые качества патронов проверяют на испытаниях стрельбой штатным зарядом с целью определения баллистических качеств, прочности гильзы и пульной оболочки, а также специального действия пуль. При этом проверяются:

кучность боя — величиной радиуса лучшей половины выпущенных пуль из каждой очереди в 20 выстрелов;

прочность крепления пули и капсюля — тряской патронов;

отсутствие срывов пуль с нарезов (не допускается ни одного случая срыва);

прочность гильз при стрельбе; не допускаются отрывы частей гильзы, трещины и затяжные выстрелы;

начальная скорость пули — с помощью специальных приборов — хронографов;

максимальное давление пороховых газов — с помощью крешерных приборов;

бронепробиваемость;

способность пули зажигать топливо машин;

величина извлекающего груза и вес заряда — разрядкой патронов на динамометре.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАТРОНОВ

Одно из основных требований к патронам — безопасность в обращении при транспортировке и хранении.

В партии патронов не допускаются:

патроны без пороха или с отклонением в весе порохового заряда более нормы;

посторонние предметы в зарядах;

патроны с песком или маслом в заряде;

патроны с двумя вставленными капсюлями;

сквозные трещины по корпусу гильзы;

гильзы без затравочных отверстий.

Техническими условиями на пули не допускаются трещины на загибе оболочки, переходящие на ведущую часть, и допускаются:

— на 0,01% партии патронов пули с продольными трещинами на ведущей части не длиннее 8 *мм*;

— не более как на 0,01% партии пули с поперечными трещинами, складками и надрывами оболочки по ведущей части;

— не более как на 0,25% партии патроны с незначительной ржавчиной и не более как на 0,15% партии — с незначительными зелеными пятнами на пуле, гильзе и капсюле.

ТУ на гильзу допускаются трещины и отверстия, закрываемые пулей, при условии, если достигнута необходимая величина извлекающего груза.

ТУ на капсюль допускается наличие патронов (не более 0,3% от партии) с задранными бортиками капсюля и капсюлей с пленками, царапинами и другими недостатками не более как на 1% партии патронов.

Партии, в которых обнаружено бóльшее количество патронов с указанными дефектами, раскомплектовываются и вновь пересматриваются работниками ОТК.

Выявленный в результате контроля брак анализируется. Часть бракованных изделий передается для переделки согласно ТУ на исправительный участок, размещаемый рядом со столом контроля. Окончательный брак классифицируется по эталонам, утвержденным руководством завода совместно с военпредом, для выявления виновников брака и разработки мероприятий, предупреждающих его повторное появление.

Причинами брака могут быть:

низкое качество металла;

плохая организация производства, в частности, транспортирования полуфабрикатов;

недостатки технологии;

неисправность оборудования;

погрешность наладки;

недисциплинированность рабочего.

§ 3. ИСПЫТАНИЯ ГИЛЬЗ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ

Орудийные гильзы подвергаются:

наружному осмотру;

лекальному обмеру;

проверке веса;

проверке механических качеств;

испытанию стрельбой на прочность, живучесть, извлечение и обтюрацию;

испытанию на коррозионную устойчивость и прочность лакового покрытия.

Условия наружного осмотра, допускаемые и не допускаемые дефекты оговариваются ТУ. Например, не допускаются царапины глубже 0,1 толщины стенки в данном месте; плены, задиры, нарушения покрытия на большой площади. При наружном осмотре к орудийным гильзам предъявляются более жесткие требования, чем к гильзам стрелкового оружия, в связи с их многострельностью. Наружный осмотр желательно механизировать, установив ленточные конвейеры с зеркалами. Толщина цинкового покрытия стальных гильз определяется по числу капель раствора йодистого калия, падающих на покрытие и смываемых с него через 1 *мин*, до появления основного слоя стали.

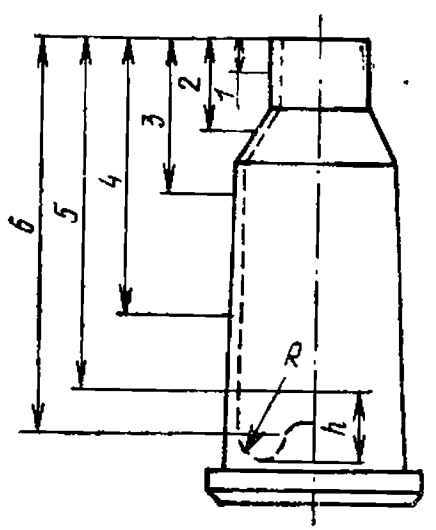

Рис. 92. Схема разрезки гильзы на пояса *1—6*

Лекальному обмеру и проверке веса подвергаются все 100% гильз.

Для проверки механических свойств отобранные от партии гильзы разрезают на кольца по поясам *1—6* (рис. 92). Из этих колец и дна гильзы готовят образцы (по ГОСТу) для испытания на предел прочности и относительное удлинение при разрыве. Поясы охватывают расстояния от среза дульца: до середины дульца (1-й пояс), ската (2-й пояс) и корпуса (4-й пояс); до 15 *мм* ниже ската (3-й пояс); до высот h (5-й пояс) и R (6-й пояс) от дна гильзы.

Механические свойства должны быть в пределах, указанных в чертеже гильзы. Разброс механических свойств двух образцов одного пояса одной гильзы допускается не более 3 *кГ/мм²*.

Для испытания стрельбой отбирают указанное в ТУ число гильз, обмеривают их и составляют описание каждой. Отстрел выполняют при усиленном заряде ($P_{исп}=1{,}1\ P_{ном}$) с флегматизатором или полным штатным зарядом, нагретым до температуры 40±2°С. После отстрела проводят осмотр, затем отбирают указанное в ТУ число наиболее деформированных и сомнительных по прочности гильз, обновляют их путем переобжима, заряжают и вновь осуществляют отстрелы по нескольку раз из каждой гильзы. При этом не должно быть отказов при извлечении, разрушения гильзы или плохой обтюрации; разрешается закопченность на

длине не более 1/3 гильзы от среза дульца. Кроме того, производят испытание стрельбой стальных гильз, охлажденных до температуры —40°С. Этим выявляют работу гильз в любых условиях: и зимой и летом. Нагревание и охлаждение пороховых зарядов соответствует повышению или понижению давления пороховых газов.

Испытания латунных гильз на коррозионную устойчивость осуществляют действием паров 20%-ного раствора аммиака в воде. Для этой цели в камору *1* (рис. 93) эксикатора помещают сухие гильзы, нагретые до 20° С. Время выдержки изделий *2* в приборе 4 *час*. Растрескивания и изменения механических свойств гильз не допускаются.

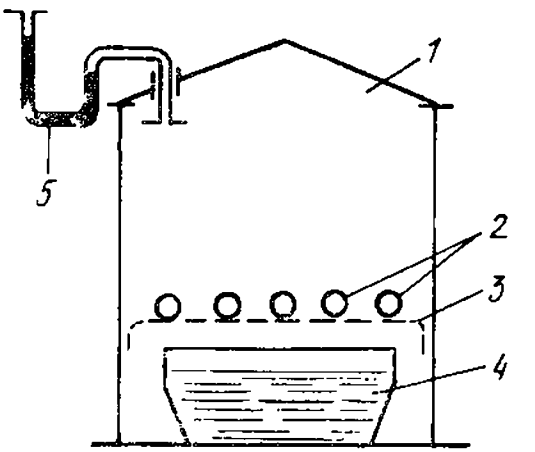

Рис. 93. Эксикатор:
1 — камора с парами аммиака концентрации не менее 80 *мГ/л*; *2* — изделия; *3* — сетчатое дно; *4* — сосуд с 20%-ным раствором аммиака; *5* — манометр (давление 130 *мм рт. ст.*)

Коррозионные испытания цинкового покрытия стальных гильз производятся путем:

— выдержки в течение 7 *час* в 3%-ном растворе повареной соли, а затем в течение 17 *час* на воздухе (4 цикла);

— многократной конденсации влаги при 100%-ной относительной влажности и температурах 20 и 40°С (100 циклов);

— изменения температуры от —40 до +50°С (5 циклов).

При испытаниях не должно быть нарушений цинкового покрытия и ржавления гильз.

Прочность лакового покрытия гильз проверяется погружением их на определенное время в воду. После выемки гильз на лаковом слое не должно быть наплывов, отслоений, вздутий и т. д. Прочность лакового покрытия проверяется также ударом груза в 1 *кГ* с высоты 0,7 *м*. Трещины и отскоки лака не допускаются.

Сборные гильзы являются пока одностредьными и подвергаются главным образом наружному осмотру, лекальному обмеру, а также испытанию стрельбой на извлечение и обтюрацию.

§ 4. УКУПОРКА ПАТРОНОВ И ГИЛЬЗ

Патроны укупориваются в картонные пачки, а также в оцинкованные, сварно-закатные, цельноштампованные или бумажные коробки, укладываемые в деревянные ящики. Орудийные гильзы укупориваются в ящики.

Для обертки патронов и гильз применяют главным образом желтую бумагу толщиной 0,15—0,18 *мм*, которая должна быть проверена на ломкость и кислотность.

Картонные пачки изготавливают из картона толщиной 0,4—0,6 *мм*, который проверяется на плотность, прочность и кислотность. Предел прочности при разрыве должен быть не менее 2 *кГ/мм*^{2}. Толщина картона проверяется взвешиванием 100 пачек, вес которых должен быть в пределах 1940—2540 *Г*. Гигроскопичность определяется временем, в течение которого с картона исчезает след капли воды. Это время должно быть равно 1 *мин*.

В настоящее время осуществлен переход от оцинкованных к сварно-закатным и цельноштампованным коробкам. Эти коробки сваривают или штампуют из листового железа и окрашивают в защитный цвет.

Деревянные ящики изготавливают из ели или сосны. Дерево должно быть без трещин, щелей и других пороков; оно предварительно проверяется на влажность, которая не должна превышать 15—18%. Все детали ящика соединяются шурупами. Ящики ошиновывают полосовым железом и подвергают сплошному контролю по размерам.

В настоящее время ведутся работы по созданию мягкой унифицированной укупорки, исключающей коробки и ящики, и полиэтиленовой пленки взамен пачек.

Винтовочные и автоматные патроны укладывают в картонные пачки, прокладывая ряды бумажной лентой. Пачки помещают в сварно-закатные или штампованные коробки, которые закатывают и проверяют на герметичность с помощью сжатого воздуха. Падение давления воздуха в аппарате свидетельствует о негерметичности. Далее коробки укладывают в деревянные ящики, оцинкованные железом. На ящиках наносится трафарет. Прочность укупорки проверяется целостью ящика, упавшего с определенной высоты.

Винтовочные патроны в обоймах укладывают так: 15 шт. — в пачку, 20 пачек — в оцинкованную коробку, 2 коробки — в ящик, всего в ящике 600 патронов. Патроны без обоймы укладывают иначе: 20 шт. — в пачку, 22 пачки — в коробку, 2 коробки — в ящик, всего в ящике 880 патронов.

Для автоматизации укупорки патронов создан ряд станков, однако они пока не дают должного эффекта по точности и скорости укупорки. В этом направлении ведутся опытно-конструкторские работы.

Патроны калибра 12,7 *мм* укупориваются непосредственно в оцинкованные коробки (5 рядов по 17 шт. в каждом), стенки и дно которых закрыты картоном. Коробки проверяют на герметичность. Всего в ящике 170 таких патронов.

Патроны калибра 14,5 *мм* укупоривают также как и патроны калибра 12,7 *мм* только в коробке они (в количестве 44 шт.)

размещаются под углом 60—70. В ящике находятся 88 патронов калибра 14,5 *мм*.

Смазанные орудийные гильзы обертывают в дульцевой части в бумагу и укупоривают непосредственно в деревянные решетчатые ящики, изнутри со всех сторон обложенные бумагой. На ящиках черной краской наносится трафарет: номер партии, номер ящика и год изготовления.

В ящике размещаются по 2, 4, 6, 12 и 15 изделий калибра 152, 122, 100, 85 и 76 *мм* соответственно.

§ 5. ПОРЯДОК КОМПЛЕКТАЦИИ, УКУПОРКИ И СДАЧИ ИЗДЕЛИЙ ЗАКАЗЧИКУ

Комплектация, укупорка и сдача изделий представителю заказчика осуществляются примерно в такой последовательности:

1. Наружный осмотр изделий ОТК, контроль лекальных размеров и веса на движущемся конвейере, по обе стороны которого расположены рабочие места контролеров.

2. Комплектация изделий группами или партиями и укладка их на стеллажи в кабине комплектации. Размеры стеллажей определяются размерами изделий. Для орудийных гильз стеллажи обычно делаются в три яруса по высоте и имеют габаритные размеры 500×2500×2000 *мм*.

Примерно в середине комплектации партии несколько изделий отправляют на проверку механических свойств и для испытаний на удар и антикоррозионную устойчивость. Размер партии комплектации гильз калибров 122, 100, 85, 57, 23 *мм* соответственно 1000, 3000, 5000, 10000, 20000 шт. Эти количества увеличивают на 0,3—0,4% для испытаний, проводимых представителем заказчика. Например, от партии 100-*мм* гильз в 3000 шт. отдают на испытания 11 шт., следовательно, комплектуют 3011 шт.

3. Опломбирование кабины со скомплектованной группой (партией) изделий со стороны цеха.

4. Сдача изделий представителю заказчика по наружному виду, лекальному обмеру и механическим свойствам (техническая приемка представителя заказчика). При этом изделия проверяют выборочно из любого стеллажа в количестве не менее 10% от группы (партии).

5. Осаливание снаружи изделий принятой партии. Латунные изделия осаливают пушечной смазкой, стальные — трансформаторным маслом. Смазывают всю наружную поверхность, кроме дульца на расстоянии 15—20 *мм* от среза во избежание попадания смазки внутрь гильзы. Затем все изделия протирают сухой материей.

6. Укупорка осаленных изделий в ящик.

7. Вывозка ящиков на склад.

8. Окончательная комплектация всей партии изделий на складе.

9. Механические, полигонные и другие испытания изделий ОТК завода.

10. Выборочный контроль изделий представителем заказчика всей партии по всем видам испытаний (из любого ящика по указанию представителя). Если хотя бы одно изделие не выдержит испытаний, то производят повторное испытание изделий в удвоенном количестве. В случае неудовлетворительных результатов вся партия не принимается и возвращается на пересмотр.

11. Отправка на центральный склад принятой партии изделий.

На все виды испытаний планируется расход изделий в размере не более 2% от партии.

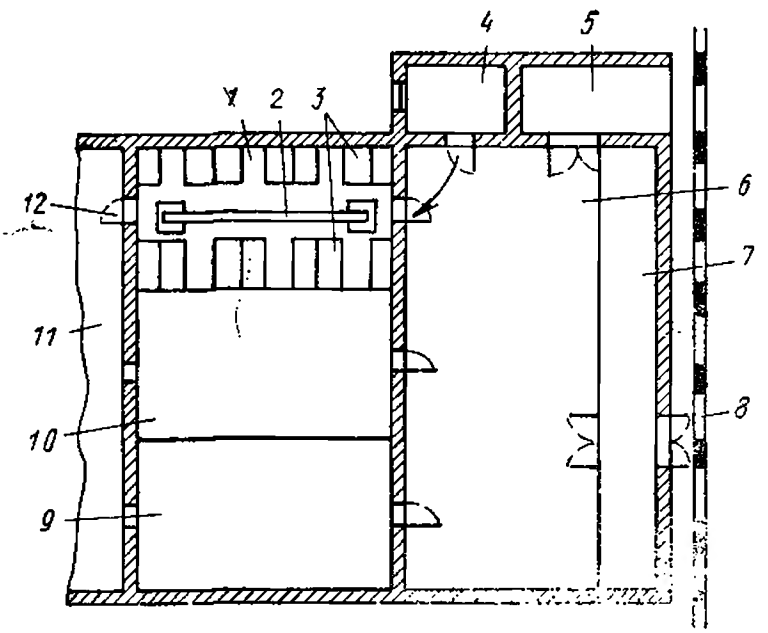

Рис. 94. Схема участка комплектации:
1, 9, 10 — кабины комплектации; *2* — конвейер комплектации; *3* — стеллажи; *4* — кабина представителя заказчика; *5* — навес для укупорочных ящиков (не менее 50 шт); *6* — участок осаливания и укупорки на 1,5 партии изделий; *7* — склад готовой продукции на 2 партии изделий; *8* — железнодорожная ветка; *11* — приемочный контроль ОТК завода; *12* — дверь, опечатываемая после завершения комплектации партии

Для определения величины участка комплектации (рис. 94) необходимо рассчитать площади, занимаемые стеллажами с учетом проходов. В кабине *1* изделия принимает представитель заказчика, в кабине *10* находится скомплектованная группа, в кабине *9* ОТК комплектует группу.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Малов А. Н. Производство патронов стрелкового оружия. М., Оборонгиз, 1947.

2. Кириллов В. М. Производство патронов стрелкового оружия. М., Оборонгиз, 1946.

3. Пущин П. П. Орудийные гильзы. М., Оборонгиз, 1941.

4. Гладилин В. И. Производство и приемка орудийных гильз. М., Изд. Академии им. Дзержинского, 1942.

5. Меньшиков Н. Г., Кириллов В. М. Основания устройства и проектирования пуль патронов стрелкового оружия. М., Изд. Академии им. Дзержинского, 1955.

6. Третьяков Г. М. Курс артиллерии. М., Оборонгиз, 1952.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава I. **Типовые технологические процессы изготовления элементов патрона** 7
§ 1. Изготовление орудийных гильз 8
§ 2. Изготовление гильз патронов стрелкового оружия 10
§ 3. Изготовление пульных оболочек 11
§ 4. Монтаж и снаряжение патронов 12

Глава II. **Материалы, инструмент и документация. Расчет заготовок** . . 13
§ 1. Материалы и контроль их состояния 13
§ 2. Расчет гильзовых заготовок 25
§ 3. Штамповый инструмент 32
§ 4. Технологические смазки 38
§ 5. Технологическая документация 40

Глава III. **Заготовительные операции** 42
§ 1. Операция вырубки 42
§ 2. Технология свертки 54
§ 3. Штамповка колпаков выдавливанием из квадратной и прутковой заготовок 61
§ 4. Совмещенная операция вырубка-свертка 64

Глава IV. **Прессовые операции** 66
§ 1. Технология вытяжки 66
§ 2. Методика определения размеров штампового вытяжного инструмента 83
§ 3. Технология операций обрезки и обкуски 105
§ 4. Штамповочно-прессовые операции 109
§ 5. Операции обжима 125

Глава V. **Металлорежущие операции** 145
§ 1. Технология образования затравочных отверстий 145
§ 2. Токарная обработка металлических элементов патрона . . . 147
§ 3. Специальные виды обработки сердечников 153
§ 4. Изготовление свинцовых элементов патрона 157

Глава VI. **Термическая обработка, вспомогательные операции и антикоррозионные покрытия** 164
§ 1. Термическая обработка полуфабрикатов и готовых изделий . . 164
§ 2. Технология вспомогательных операций 178
§ 3. Антикоррозионные покрытия 186

Глава VII. **Финишные операции технологического процесса ПГП** . . 193
§ 1. Технология монтажа и снаряжения патронов 193
§ 2. Контроль патронов и их элементов 198
§ 3. Испытания гильз артиллерийских систем 201
§ 4. Укупорка патронов и гильз 203
§ 5. Порядок комплектации, укупорки и сдачи изделий заказчику . . 205

Рекомендуемая литература 207